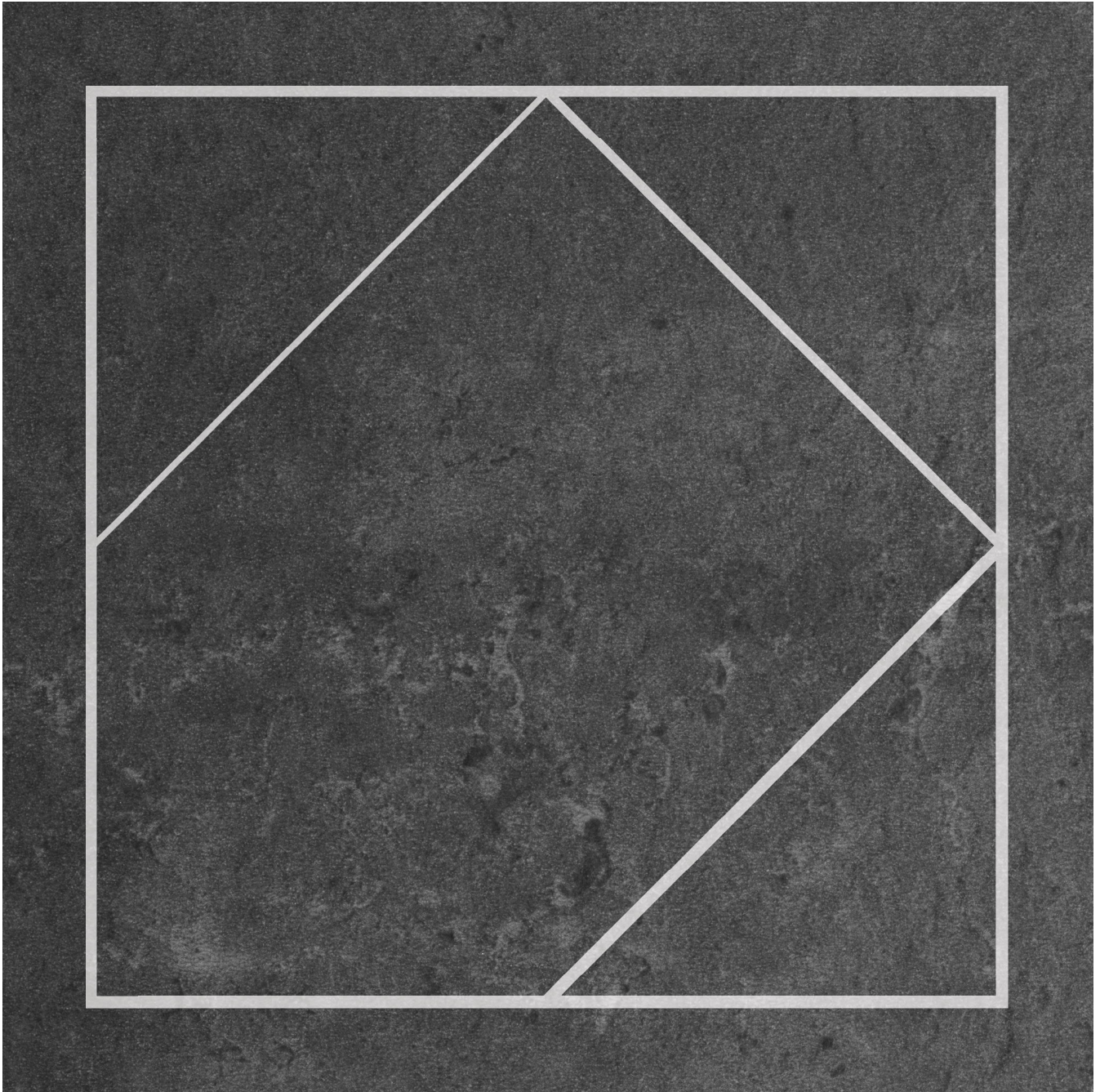


AALTO-YLIOPISTO
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Arkkitehtuurin koulutusohjelma



ÄÄNI TILAN VANKINA

Entisten teollisuusrakennusten muuntaminen elektronisen musiikin
esitystilaksi huoneakustisin keinoin

Kandidaatintyö
15.5.2019
Valtteri Hautsalo

AALTO-YLIOPISTO
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Arkkitehtuurin koulutusohjelma

ÄÄNI TILAN VANKINA

Entisten teollisuusrakennusten muuntaminen elektronisen musiikin
esitystilaksi huoneakustisin keinoin

Kandidaatintyö

15.5.2019

Valtteri Hautsalo

| | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------|-------|
| Tekijä | Valtteri Hautsalo | | |
| Työn nimi | Ääni tilan vankina | | |
| Laitos | Arkkitehtuurin laitos | | |
| Koulutusohjelma | Arkkitehtuuri | | |
| Vastuupettaja | Hannu Huttunen | | |
| Ohjaaja | Helena Teräväinen | | |
| Vuosi | 2019 | Sivumäärä | 47 |
| Kieli | | | Suomi |

Tiivistelmä

Olen nyt pari vuotta tehnyt kotoa käsin elektronista musiikkia ja äänisuunnittelua. Harrastukseni johtuen kiinnostukseni ääneen on lisääntynyt entisestään. Arkkitehtuurinlaitoksella opiskellessani en ole kuitenkaan törmännyt ääniä tai ääniympäristöä koskeviin aiheisiin ja pulmiin. Tästä johtuen halusin ottaa aiheesta selvää ja päädyin valitsemaan aiheekseni huoneakustiikan ja rajamaan sen omien kokemuksieni kautta vanhoihin teollisuusrakennuksiin, nimenomaan elektroni-sen musiikin näyttämöinä.

Työssäni käydään läpi, miten akustiikka ja huoneakustiikka eroavat käsitteinä toisistaan. Huoneakustiikan yleiset suunnittelun tavoitteet ja kohteet tulevat myös ilmi. Lisäksi työn myöhempiä osioita varten käymme läpi ääniopin peruskäsitteitä, joihin voi tarvittaessa palata.

Analysoivassa osiossa vertaillaan klassisen musiikin ja elektronisen musiikin akustisten tarpeiden eroja. Siitä siirrymme pohtimaan, miksi teollisuusrakennukset ovat olleet maailmalla suosittuja kohteita uusille elektronisen musiikin tapahtumapaikoille ja vertailemme teollisuustilojen ääniominaisuuksia toimivien konserttisalien ominaisuuksiin. Ääniominaisuuksien kautta pääsemme tutkimaan, miten kyseiset ominaisuudet selvitetään mittaus- ja mallinnusmenetelmien avulla, sekä mitä ongelmia menetelmissä voi mahdollisesti olla.

Loppupuolella ennen esimerkkikohteiden analysointia käymme läpi erilaisia huoneakustisia keinoja muokata tilan ääniominaisuuksia. Aiheen tuntemuksen lisääntyessä olen alkanut tukimaan ympäristöäni akustisesta näkökulmasta ja toivon, että sama tapahtuu lukijalle.

Keinot opittuamme, siirrymme esimerkkikohteisiin, joista kaksi ensimmäistä ovat huoneakustisilta lähestymistavoiltaan hyvin erilaisia. Ensimmäinen on viimeistä yksityiskohtaa myöten viimeistely huoneakustinen taidonnäyte ja toinen akustiseen historiaansa tukeutuva pelkistetty ja karu elektronisen musiikin pyhättö. Viimeinen esimerkki pyrkii huoneakustiikan keinojen sijaan saamaan lukijan kokemuksen avulla puolelleen. Kokemukset ovat tärkeä osa arkkitehtuuria. Toki esimerkki on edeltäjiensä tavoin elektronisen musiikin esittämiseen keskittyvä tila.

Ihan lopuksi kiteytämme opitut asiat yhteen ja pohdimme miksi Suomi, etenkin Helsinki, hyötyisi tällaisesta live-esityspaikasta.

Avainsanat huoneakustiikka, teollisuusrakennus, musiikki

SISÄLLYS

1. JOHDANTO 11

2. AKUSTIIKKAAN LIITTYVIÄ PERUSKÄSITTEITÄ 12

2.1 AKUSTIIKKA VAI HUONEAKUSTIIKKA? 12

2.2 PERUSKÄSITTEET 13

2.2.1. ÄÄNI 13

2.2.2. TAAJUUS 13

2.2.3. ILMAÄÄNI 13

2.2.4. RUNKO- JA ASKELÄÄNI 14

2.2.5. ÄÄNENPAINEN JA ÄÄNENPAINETASO 14

2.2.6. TAAJUUSKAISTAT 15

2.2.8. ABSORPTIOALA 16

2.2.10. PUHE 18

2.2.11. PUHEEN EROTETTAVUUS JA PUHEENSIIRTOINDEKSI STI 19

3. HUONEAKUSTISEN SUUNNITTELUN TAVOITTEET YLEISESTI 20

3.1 HUONEAKUSTIIKAN TARKOITUS 20

3.2 HALUTTUJA ÄÄNIOLOSUhteITA YLEISISSÄ KOhteISSA 20

3.3 ÄÄNI SULJETUSSA TILASSA 22

4. TILA MUSIIKILLE 23

4.1 SOITIN JA KONE 23

4.2 TEOLLISUUSHALLI – MUODOLTAAN PÄTEVÄ 26

4.3 HUONEAKUSTISTEN TARPEIDEN SELVITTÄMINEN 28

4.3.1 MITTAUS 28

4.3.2 MALLINNUS 29

5. ÄÄNEEN VAIKUTTAMINEN 30

5.1 VAIMENNUS 30

5.2 RESONANSSIVAIMENNUS 32

5.3 DIFFUUSORIT – ÄÄNEN HAJOTTIMET 33

5.4 HEIJASTAVAT ELEMENTIT 34

5.5 DIGITAALISET MENETELMÄT 35

6. VASTAKOHdat - ESIMERKKIKOhteET 36

6.1 BLITZ-YÖKERHO, MÜNCHEN, SAKSA 37

6.2 PRINTWORKS LONDON, LONTOO, ENGLANTI 41

6.3 ÜBEL & GEFÄHRLICH, HAMPURI, SAKSA 42

7. MITÄ OPIMME? 44

LÄHDELUETTELO 46

KUVALUETTELO 47

1. Johdanto

Oletko koskaan huomannut, kuinka rauhallista on kävellä metsässä talvella, kun puiden oksat notkuvat lumen painosta? On niin hiljaista – vain tuuli humisee korvissa ja puiden välissä. Mistä se johtuu? Hyvin huokoisesta ja ääntä tehokkaasti absorboivasta valkoisesta aineesta – lumesta. Sen rauhallisuuden tunteen voi kokea vain olemalla siinä ympäristössä.

Arkkitehtuurin luoman tunnelman kokeminen vaatii myös läsnäoloa. Kokemukseen tarvitaan kaikkia ihmisen aisteja. Dominoivin näistä on näkö, mutta aistit ovat yhteydessä toisiinsa. Siksi tilan ulkonäön lisäksi tärkeää on myös toinen tilan ominaisuus – miltä tila kuulostaa.

Kyseistä aihetta ei käsitellä riittävästi tämän hetkisessä koulutusohjelmassa, vaikka se on tärkeä osa arkkitehtuuria. Tilan kokemuksen lisäksi tilan ääniominaisuuksilla on kiistaton vaikutus ihmisiin. Väärät ääniolosuhteet esimerkiksi työolosuhteissa vaikeuttavat keskittymistä, huonontavat työtehokkuutta ja voivat aiheuttaa jopa fyysisiä oireita. Kaikkien on hyvä tietää, miten tärkeä osa oikeanlainen ääniympäristö arkkitehtuurissa on ja millaisia keinoja sen parantamiseen löytyy.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tarjota arkkitehtiopiskelijoille, ja miksei valmistuneille arkkitehteillekin, ensin perustietoa huoneakustiikasta ja raottaa hieman, miten oikealla huoneakustisella käsittelyllä tilan ääniolosuhteet saadaan uuteen tarkoitukseen sopivaksi. Huoneakustiikan teknisemmän osuuden eli peruskäsitteiden ja yleisten suunnittelutavoitteiden lisäksi käsitellään tarkemmin, miksi vanhat teollisuusrakennukset ovat saaneet eri puolilla maailmaa uuden tarkoituksen musiikin, erityisesti elektronisen musiikin saralta. Tutustumme yleisimpiin keinoihin, millä tilan nykyiset ja halutut ääniominaisuudet saadaan selville, sekä miten halutut ääniominaisuudet saavutetaan. Lopuksi tutustumme kahteen hyvin erilaiseen esimerkkikohteeseen, joita analysoimme oppimamme tiedon pohjalta.

2. Akustiikkaan liittyviä peruskäsitteitä

2.1 Akustiikka vai huoneakustiikka?

Ennen tämän kandidaatintyön tekemistä yhdistin termin ”akustiikka” akustiikkalevyihin, amfiteattereihin, äänitysstudioihin, kotistudioihin, auditorioihin, musiikin kuunteluun ja konserttisaleihin. Tutkiessani aihetta enemmän huomasin, että akustiikkaa on ympärillämme paljon enemmän, kuin kuvittelin. Rakennuksissa on rakenteellisia ratkaisuja, jotka estävät askeläänien siirtymisen huoneesta toiseen (RIL 243-1-2007, 2007, s. 36). Tilojen alakatoilla on akustinen vaikutus tilaan. Nämä ovat suunnitteluratkaisuja, jotka vaikuttavat jokapäiväiseen elämäämme, hyvässä ja pahassa. Huonosti suunniteltu tai suunnittelematta jätetty akustiikka vaikuttaa negatiivisesti ihmisten stressitasoihin, keskittymiskykyyn ja yleiseen hyvinvointiin. Yleisellä tasolla tavoitteena on luoda tarkoituksenmukainen, terveellinen ja viihtyisä tila (RIL 243-1-2007, 2007, s. 9)

Siksi on hyvä tietää, että rakennuksen onnistunut akustinen suunnittelu on kokonaisuus, joka koostuu rakenteiden, huoneakustiikan ja tarvittavien teknisten laitteiden akustiikan onnistuneesta suunnittelusta (RIL 243-1-2007, 2007, s. 9). Esimerkiksi konserttisali on kohde, joka vaatii erityisen onnistunutta suunnittelua kaikilla näillä osa-alueilla ja tarvitsee erityisesti akustiikkasuunnitteluun koulutettuja ammattilaisia. Toimiva konserttisali vaatii oikeanlaiset rakenteet, jotta tila ”irtautuu” muusta rakennuksesta riittävästi ja äänet eivät kantaudu tilasta toiseen. Tämä tarkoittaa siis toimivaa äänieristystä (RIL 243-1-2007, 2007, s. 31). Lisäksi tiloihin vaadittavien LVIS-laitteiden äänenhallinta tulee olla tarkoin suunniteltua, ettei koneen humina tai tärinä kuulu saliin ja täten häiritse musiikkia. Huoneakustiseen suunnitteluun kuuluu kaikki konserttisalitalan sisällä olevat akustiset ratkaisut: heijastus- ja absorptiolevyt, diffusorit, resonanssivaimentimet, tuolit, ihmisten määrän vaikutukset ääneen ja niin edelleen.

Vaikka huoneakustiikka onkin vain yksi ”Akustiikka”-nimisen palapelin pala, pätevät siihen samat fysiikan lait ja termit, joita avaan seuraavaksi. Olkoon seuraava osio eräänlainen kandidaatintyön tukena toimiva sanasto. Seuraavat käsitteet ja niiden merkitykset on määritelty Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisun RIL 243-1-2007 mukaan. Julkaisun tekijöitä vähemmän aihetta tietävänä olen pyrkinyt pitämään määritelmät mahdollisimman muokkaamattomina.

2.2 Peruskäsitteet

2.2.1. Ääni

Ääni on ilmanpaineessa tapahtuvaa vaihtelua staattiseen ilmanpaineeseen nähden. Värähtelyn lähde, kuten ihmisen äänihuulet, saa ympäristössään aikaan ilman tihentymiä ja harventumia. Ilmahiukkasten liike saa seuraavat hiukkaset liikkeeseen, ja näin ääni etenee pitkäjäisäaltona äänilähteestä ympäristöön (RIL 243-1-2007, 2007, s. 35).

2.2.2. Taajuus

Kuuloaistimus syntyy, kun ilmanpaineen vaihtelu saa korvan rumpukalvon värähtelemään. Jos värähtely on tiheää, ääni koetaan korkeaksi. Pienitaajuiset värähtelyt koetaan matalina ääninä. Äänen taajuus f [Hz] on värähtelyiden määrä n jaettuna aikajaksolla T [s], jonka kuluessa värähtely on havaittu:

$$f = n/T$$

Taajuus tarkoittaa siten värähtelyjen lukumäärää sekunnissa. Ihminen voi kuulla noin 20 Hz:n ja 20 000 Hz:n välillä olevia taajuuksia. Alle 20 Hz:n äänet eli infräänit aistitaan tärinänä, jos äänilähde on tarpeeksi voimakas.

Kuuloaistin herkkyys ei ole vakio, vaan se riippuu taajuudesta. Kuulon herkkyys riippuu myös äänen voimakkuudesta: voimakkuuden kasvaessa kuuloaistin herkkyyserot eri taajuuksien äänille tasoittuvat jonkin verran (RIL 243-1-2007, 2007, s. 35).

2.2.3. Ilmaääni

Ääni tarvitsee edetäkseen väliaineen: tyhjiössä ääni ei voi edetä. Ilmassa etenevästä äänestä käytetään nimitystä ilmaääni, esimerkiksi puhe ja musiikki ovat ilmaääntä. Äänen nopeus on riippumaton äänen taajuudesta, mutta ilman lämpötila t [°C] vaikuttaa äänen nopeuteen c [m/s].

$$c = 331 + 0,6t$$

Huoneen lämpötilassa äänen nopeus ilmassa on noin 340 - 345 m/s. Äänen nopeudella, taajuudella ja ilmaäänien pitkäjäisäaallon aallonpituudella λ [m] on yhteys:

$$f = c / \lambda$$

(RIL 243-1-2007, 2007, s. 35-36)

2.2.4. Runko- ja askelääni

Äänen etenemisen väliaineena voi olla myös kiinteä aine, kuten rakennuksen runkorakenteet tai maakerros. Ilmaaäni saa ympäristön rakenteet värähtelemään, jolloin ääni etenee rakennuksen rungossa taivutusaaltona. Taivutusaallossa rakenteeseen syntyy taipumia äänen etenemissuuntaan kohtisuorassa suunnassa.

Rakenteessa etenevää ääntä kutsutaan runkoääneksi, jonka voi synnyttää rakenteeseen kiinnitetyn laitteen värähtely tai rakenteeseen kohdistuvat iskut, esimerkiksi kävely, lämpöpatterin kolina ja huonekalujen siirtely. Näitä ääniä kutsutaan askelääniksi. (RIL 243-1-2007, 2007, s.36)

2.2.5. Äänenpaine ja äänenpainetaso

Äänenä aistittavat ilmanpaineen vaihtelut ovat staattiseen ilmanpaineeseen verrattuna hyvin pieniä. Ilmakehän ilmanpaine on noin 100 kPa (kiloPascalia), mutta kuulokynnys eli pienin ilmanpaineen muutos, jonka ihminen pystyy korvillan aistimaan, on $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$. Äänenä aistittavasta ilmanpaineen muutoksesta käytetään nimitystä äänenpaine p [Pa]. Ääniaistimus muuttuu kipuaistimukseksi, kun äänenpaine on noin 20 Pa. Koska äänenpaineet ovat lukuarvoina hyvin pieniä, mutta kuulokynnyksen ja kipukynnyksen ero suhteellisesti hyvin suuri, äänenpaineita olisi hankala käyttää käytännön suunnittelu- ja laskentatyössä. Siksi tarkasteltavaa äänenpainetta p verrataan vertailuäänepaineeksi otettuun kuulokynnykseen p_0 . Tällöin äänen voimakkuutta voidaan kuvata äänenpainetasona L_p [dB]:

$$L_p = 10 \log_{10} (p^2/p_0^2) = 20 \log_{10} (p/p_0)$$

Äänenpainetason merkinnästä jätetään usein alaindeksi p pois.

Näin saadaan helpommin hahmotettava arvoasteikko (Desibeliasteikko) pienimmän kuultavissa olevan äänenpaineen äänenpainetason (0 dB) ja kipukynnyksen äänenpaineen äänenpainetason (120 dB) välille (RIL 243-1-2007, 2007, s. 36).

Koska desibeli on verrannollinen logaritminen yksikkö, sitä käytetään myös elektroniikassa. Mutta esimerkiksi vahvistimissa nähtävä luku, esimerkiksi -30 dB tarkoittaa, että laitteen vahvistuskykyä on rajoitettu 30 dB verran ja luku on verrannollinen pelkästään kyseisen laitteen vahvistuskykyyn. Samoin myös mainittu 0 - 120 dB asteikko on verrannollinen vain ihmisen kuuloaistiin.

Desibeliasteikon logaritmisuus täytyy ottaa myös huomioon, kun äänilähteiden voimakkuuksia vertaillaan toisiinsa. Jos tilassa on kaksi laitetta, jotka tuottavat saman äänenpainetason toimiessaan yksin, niiden samanaikaisesti toimiessa äänenpainetaso on 3 dB korkeampi kuin laitteiden yksinään tuottama äänenpainetaso. Jos sen sijaan laitteiden tuottaman äänenpainetason ero on suurempi kuin 10 dB, voimakkaampi äänilähde käytännössä määrää

laitteiden yhdessä tuottaman äänenpainetason. Meluntorjunnan tärkein tehtävä onkin paikallistaa voimakkain äänilähde ja vaimentaa se ensimmäisenä (RIL 243-1-2007, 2007, s. 37).

2.2.6. Taajuuskaistat

Äänilähteiden tuottamat äänenpainetasot ovat erilaisia yksittäisillä taajuuksilla. Siksi akustiikassa äänen taajuusjakauma eli äänispektri jaetaan pienempiin osiin eli taajuuskaistoihin. Rakenteiden ja rakennusten äänieristysmitaukset tehdään kolmannesoktaavikaistoittain keskitaajuudesta 50 tai 100 Hz keskitaajuuteen 3150 Hz tai 5000 Hz. Erilaisten koneiden ja LVIS-laitteiden äänitiedot ilmoitetaan sen sijaan oktaavikaistoittain, samoin rakennusmateriaalien absorptio-ominaisuudet. Nykyisin laitteiden äänitiedot ja materiaalien ominaisuudet ilmoitetaan keskitaajuuksilla 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz ja 4000 Hz. Melumittauksissa terssikaistoittain ilmoitetut tulokset antavat tarkemman käsityksen melusta kuin oktaavikaistoittain tehdyt mittaukset (RIL 243-1-2007, 2007, s.37-38).

2.2.7. Absorptio

Äänen absorptio ja äänieristys sekoitetaan arkikielessä usein toisiinsa. Äänen absorptio vaimentaa huonetilan sisällä syntyvää ääntä. Absorptio on lähinnä pintamateriaalin ominaisuus. Äänieristys taas estää äänen kuulumista huoneesta toiseen. Eristys on tiiviiden rakenteiden ominaisuus.

Äänen absorptiosuhde voi saada arvoja 0 ... 1 ja sen arvo riippuu voimakkaasti taajuudesta. Äänen absorptiosuhde α on yksikötön ja se määritellään seuraavasti:

$$\alpha = (W_i - W_r) / W_i$$

W_i on rakenteeseen kohdistuva ääniteho

W_r on rakenteesta heijastuva ääniteho

Äänen absorptiosuhde on sellaisenaan normaalissa käytössä oleva tuoteominaisuus. Mitä suurempi absorptiosuhde, sitä vähemmän materiaali heijastaa ääntä takaisin huonetilaan. Kaupallisilla absorptiomateriaaleilla voidaan tietyillä taajuuksilla päästä jopa arvoon 0,96, jolloin pinnasta heijastunut energia on liki 20 dB pintaan osunutta energiaa pienempi (RIL 243-1-2007, 2007, s. 46-47). Koska työ käsittelee huoneakustiikkaa, ei äänieristystä käsitellä tätä enempää, sillä se liittyy tilasta toiseen siirtyvään ääneen.

2.2.8. Absorptioala

Absorptioala on huoneakustiikan tärkeimpiä termejä. Absorptioala kertoo huoneessa olevan absorptiomateriaalin kokonaismäärän neliömetreinä. Absorptioalan määritelmä tarkoittaa nimenomaan sellaisen materiaalin pinta-alaa, jonka absorptiosuhde on 1.

Käytännössä huoneessa voi olla mitä tahansa materiaaleja. Huoneen pinnoilla olevien materiaalien absorptiosuhteiden α_i ja niiden pinta-alojen S_i [m²] perusteella voidaan laskea huoneen absorptioala kullakin oktaavikaistan keskitaajuudella. Yhden huoneessa olevan materiaalin absorptioala on materiaalin absorptiosuhteen ja sen pinta-alan tulo. Koko huoneen absorptioala on sen kaikkien pintamateriaalien absorptioalojen summa:

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

Absorptioalan yksikkönä käytetään merkintää [m²-Sab] erottamaan absorptioala tavallisesta pinta-alasta.

Absorptioala ei ole sama kuin materiaalin pinta-ala. Jos materiaalin absorptiosuhde on 0,8 ja sen pinta-ala on 10 m², on materiaalin absorptioala 8 m²-Sab. (RIL 243-1-2007, 2007, s. 49)

2.2.9. Jälkikaiunta-aika

”Jälkikaiunta-aika T [s] kuvaa, kuinka nopeasti äänilähteen tilaan synnyttämä äänenpainetaso laskee, kun äänilähde on sammutettu. Jälkikaiunta-ajan kuluessa äänenpainetaso tilassa alenee 60 dB. Olemassa olevan tilan jälkikaiunta-aika voidaan määrittää voimakkaan äänilähteen avulla niin, että äänilähde sammutetaan äkillisesti ja äänenpainetason laskuun kuluva aika mitataan (RIL 243-1-2007, 2007 s. 50). Jälkikaiunta-aika kehitettiin alun perin suurten, kaikkuvien tilojen, kuten kirkkojen ja opetustilojen akustisten ominaisuuksien kuvaamiseen puheen ja musiikin kannalta. (RIL 243-1-2007, 2007 s. 52) Tilan ääniominaisuuksien, kuten esimerkiksi jälkikaiunta-ajan mittausta tulee suorittaa tilan käyttötarkoitukseen soveltuvalla tavalla. Tässä kandidaatintyössä tutustutaan myöhemmin yökerhoksi tarkoitettujen tilojen ääniominaisuuksien mittaukseen.

Olemassa on myös kansainväliseksi standardiksi kehitetty mittaustapaohje ISO 354, vuodelta 2003, johon voi hakeutua tutustua. En kuitenkaan käy läpi standardin ohjetta, sillä standardit päivittyvät teknologiaa hitaammin. Aiempi ISO 354 standardi oli vuodelta 1985 (International Organization for Standardization, ISO 354, 2003).

Musiikin kannalta jälkikaiunta-ajalla on suuri merkitys. Mitä lyhyempi jälkikaiunta-aika esimerkiksi konserttitalissa on, sitä nopeammin soitetut nuotit vaimenevat, joka saa soiton kuulostamaan töksähtelevältä. Pidempi jälkikaiunta-aika taas tarkoittaa, että soitetut nuotit jäävät soimaan päällekkäin pidemmäksi aikaa eli liian pitkä jälkikaiunta-aika tekee musiikista epäselvän kuuloisen (Beranek, 2002, s. 20-24). Oikean tasapainon löytäminen tekee konserttitalien suunnittelusta erittäin haastavaa.

Puhe- ja muissa esiintymistiloissa jälkikaiunta-ajan lyhentäminen parantaa ääniolosuhteita tiettyyn rajaan saakka. Jos tilan absorptioala on liian suuri, puheen äänitaso voi laskea taustamelun tasolle, mikä puolestaan vaikeuttaa puheen erottumista (RIL 243-1-2007, 2007 s. 50)

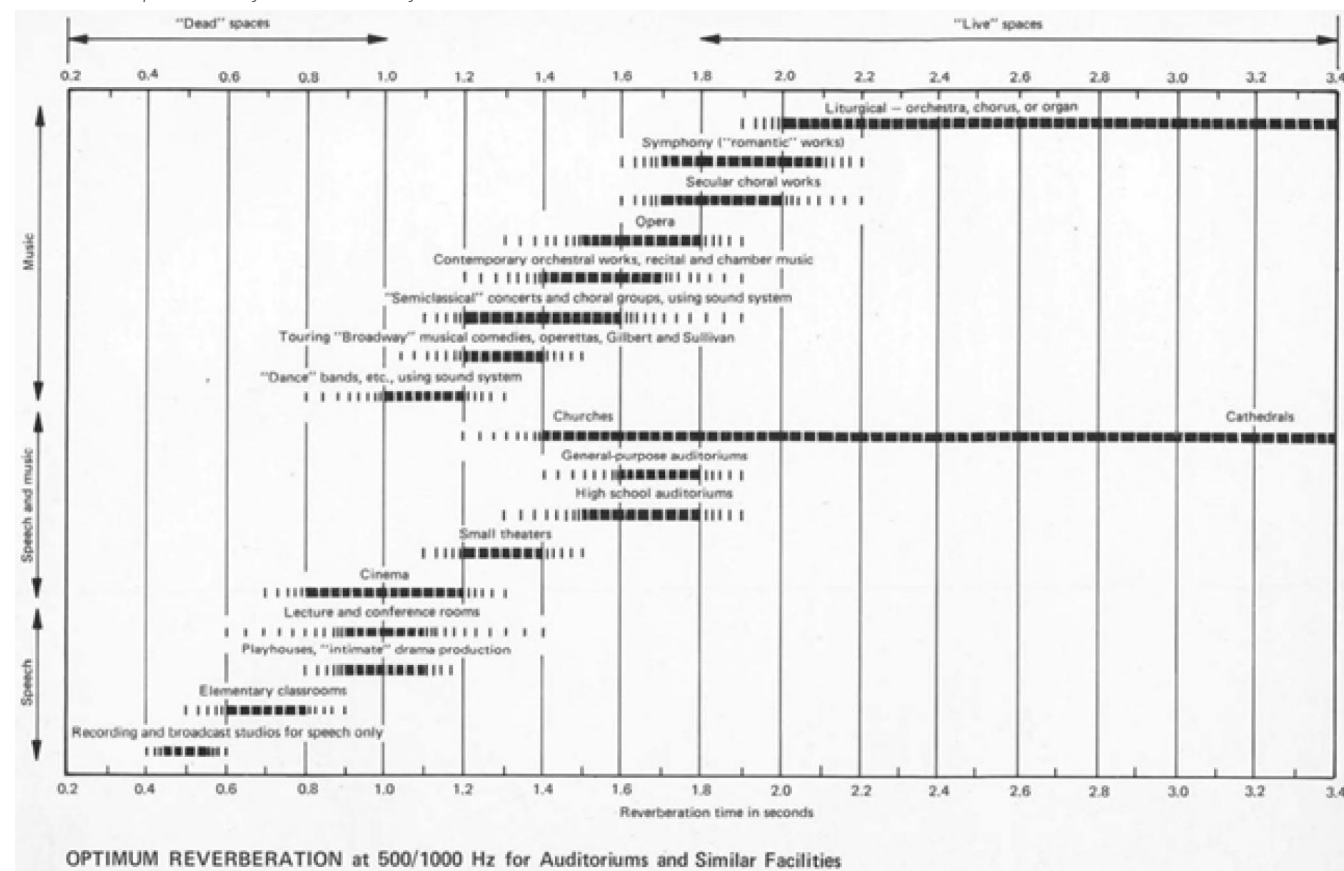
Diffuusi äänikenttä tarkoittaa, että kaikissa huoneen pisteissä vallitsee sama äänenpainetaso. Tämä on mahdollista, jos huone on kuutiomainen, kovapintainen ja huoneen mitat ovat selkeästi tarkasteltavan äänen aallonpituutta suuremmat. Tällaiset olosuhteet vallitsevat tarkkaan ottaen standardin mukaisessa kaiuntahuoneessa (RIL 243-1-2007, 2007 s. 50).

Jos huoneen äänikenttä on diffuusi, on jälkikaiunta-ajalla, tilavuudella V [m³] ja absorptioalalla Sabinen kaavan mukainen yhteys:

$$T = 0,16 (V / A)$$

Sabinen kaavaa voidaan soveltaa riittävällä tarkkuudella suurimmassa osassa huonetiloja. Se ei kuitenkaan sovellu suurten ja voimakkaasti absorboivien tilojen absorptioalan arviointiin. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi avotoimisto ja kirjasto. Sabinen kaavan antamat tulokset eivät myöskään ole oikeat, jos tilan koko absorptioala on keskitetty yhteen pintaan ja muut pinnat ovat lähes täysin heijastavia. Vaativampien kohteiden suunnittelussa on siksi käytettävä tarkempia menetelmiä, joihin tutustumme enemmän myöhemmin (RIL 243-1-2007, 2007 s.50).

Taulukko 1. Optimaalisia jälkikaiunta-aikoja eri tarkoituksiin.



2.2.10. Puhe

Puhe on tärkein akustiikassa tarkasteltava äänilähde. Puheääntä pitää yleensä joko korostaa, kuten auditorioissa, tai vaimentaa ja eristää, kuten auditoriosta naapuritiloihin. Hankalimpia tiloja ovat esimerkiksi avotoimistot, joissa pitäisi pystyä kommunikoidaan normaalisti, mutta samalla välttää keskustelun leviäminen ympäristöön (RIL 243-1-2007, 2007 s. 54).

Normaalin puheen äänitaajuudet voidaan karkeasti rajata 100 - 10 000 Hz alueelle. Miesten perusääni on noin 100 - 200 Hz ja naisten 200 - 400 Hz. Vokaalit sijaitsevat keskitaajuuksilla ja konsonantit suurilla taajuuksilla, yli 1000 Hz. Vokaalien äänenvoimakkuus on suurempi kuin konsonanttien. Esimerkiksi laulussa vokaalien osuus korostuu. Hyvän puheen erotettavuuden edellytyksenä on kuitenkin konsonanttien erottuminen. Puheesta saa melko hyvin selvää, vaikka alle 1000 Hz äänet suodatettaisiin kokonaan pois. Normaali puhe on voimakkainta 500 Hz:n alueella.

Puhe suuntautuu eteenpäin noin 10 dB voimakkaampana kuin taaksepäin. Suuntaavuus on voimakkainta suurilla eli korkeilla taajuuksilla. Pienillä eli matalilla taajuuksilla suuntaavuus on olematonta. Tavallisessa huoneessa suuntaavuudella on sitä vähemmän merkitystä, mitä kauempana puhujasta ollaan ja mitä pidempi jälkikaiunta-aika on. (RIL 243-1-2007, 2007 s. 54)

2.2.11. Puheen erotettavuus ja puheensiirtoindeksi STI

Puheen erotettavuus, ja sen kautta ymmärrettävyys, huonetilassa riippuu taustamelutason ja puheen äänitasojen erotuksesta, jälkikaiunta-ajasta, etäisyydestä puhujan ja kuulijan välillä, sekä puhujan suuntaavuudesta ja suunnasta kuulijaan nähden. Puheen erotettavuus puhujan ja kuulijan välillä voidaan fysikaalisesti mitata käyttäen puheensiirtoindeksiä, STI (RIL 243-1-2007, 2007 s. 55).

Puheensiirtoindeksi STI (Speech Transmission Index) määritetään standardin IEC 20268-16 mukaan. STI on luku, joka esittää karkeasti puheen siirron laatua tavuerotettavuuden kannalta. Lukuarvo voi vaihdella 0 - 1 välillä. Korkeampi luku tarkoittaa parempaa erotettavuutta. Arvo 1, eli täydellinen tavuerotettavuus, voidaan yleensä saavuttaa huonetiloissa vain puhujan läheisyydessä. Puheen siirtoindeksin mittaus tapahtuu oktaavikaistoilla 125 - 8000 Hz (RIL 243-1-2007, 2007 s. 55-56).

Puheensiirtoindeksiä käytetään kuvaamaan tilojen akustista laatua opetus- ja puhetiloissa ja avotoimistotyö-pisteiden välillä. Täydellinen puhe erotettavuus toteutuu, kun $STI > 0,75$. Puhetiloissa pyritään mahdollisimman korkeaan STI-arvoon eli hyvään puheenerotettavuuteen, kun taas avotoimistoissa tavoitellaan erittäin alhaista STI-arvoa. Esimerkiksi neuvotteluhuoneiden STI-arvo viereiseen huoneeseen tulisi olla hyvin lähellä 0,00, jotta luottamukselliset tiedot eivät leviäisi. Tämä vaatii kuitenkin käytännössä myös hyvää äänieristystä tilan ulkopuolelle, jos kuuntelijan puolella on alhainen taustamelutaso. (RIL 243-1-2007, 2007 s. 56)

Nyt kun tiedämme akustiikkaan ja huoneakustiikkaan liittyviä peruskäsitteitä, voimme tutustua huoneakustisen suunnittelun tavoitteisiin yleisellä tasolla ja siihen, kuinka arkielämästä tutut erilaiset tilat eroavat halutuilta ääniominaisuuksiltaan toisistaan.

3. Huoneakustisen suunnittelun tavoitteet yleisesti

3.1 Huoneakustiikan tarkoitus

Ihmisen elinympäristön ääniominaisuuksilla on suuri vaikutus ihmisen hyvinvointiin tilasta riippumatta. Kaikkien ihmiselle elinympäristöjä suunnittelevien on hyvä tietää perusasioita aiheesta, jottei akustista suunnittelua sivuutettaisi vähemmän tärkeänä arkkitehtuurin osa-alueena, suunnittelijan tai tilaajan tietämättömyyden takia.

”Huoneakustiikan tarkoituksena on hallita äänen kulkua, heijastumista ja vaimenemista tilan sisällä. Usein huoneakustisella suunnittelulla tavoitellaan hyviä olosuhteita erilaisille puhe- tai musiikkiesityksille. Tarkoituksenmukaisessa tilassa esiintyjän on helppo puhua tai laulaa ääntään rasittamatta niin, että yleisö saa kaikesta selvän. Tällöin tilassa tulee olla sekä vaimentavia, että heijastavia pintoja. Heijastavien pintojen tarkoitus on heijastaa esiintyjän ääntä yleisölle. Puhesalin vaimentavien pintojen tarkoituksena on vähentää tilan kaiuntaa niin, että puheen tavut erottuvat toisistaan hyvin.” (RIL 243-1-2007, 2007 s. 158)

Toisaalta huoneakustiikan avulla voidaan luoda täysin päinvastaisia olosuhteita taiteen tai aistikokemuksen nimissä. Suuressa betonisessa salissa ihminen olettaa äänen heijastuvan voimakkaasti tilan pinnoista, joten tämän olettamuksen kumoaminen tai vahvistaminen voi aiheuttaa hämmästyä ja kiinnostusta, miksi näin on.

Hyvä huoneakustinen suunnittelu ei vielä takaa sitä, että puhe tai laulu kuuluu selkeästi. Myös rakennusten teknisten järjestelmien suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota, miten laitteen ääni saadaan eristettyä esiintymistilasta. Siksi puhetiloija ei pidä suunnitella erikseen, vaan tiloja on ajateltava kokonaisuutena, kuten hyvään arkkitehtuuriin kuuluu. Rakenteiden ilma- ja askelääneneristyksen pitää olla tarkoituksenmukaisia ja rakennusten teknisten järjestelmien aiheuttaman äänitason pitää olla riittävän matala.

3.2 Haluttuja ääniolosuhteita yleisissä kohteissa

Huoneakustista suunnittelua tarvitaan puhe- ja musiikkitilojen lisäksi monissa muissakin käyttötarkoituksissa. Siksi huoneakustisella suunnittelulla on monenlaisia tavoitteita. Sen avulla voidaan pyrkiä mahdollisimman hyvään puheen selkeyteen, mutta toisissa kohteissa puheäänen taso pyritään saamaan mahdollisimman alhaiseksi, jottei puhe häiritse tilan muuta toimintaa. Huoneakustisen suunnittelun tavoitteiden laajuutta voidaan kartoittaa kaikille tutuilla esimerkeillä ja niihin liittyvillä tavoitteilla. (RIL 243-1-2007, 2007 s.158)

Elokuvateatterissa katsojan tulee voida kuulla elokuvan ääni niin kuin elokuvan tekijät ovat sen suunnitelleet. Salin kaiunta saisi häiritä äänentoistojärjestelmästä tulevaa ääntä mahdollisimman vähän. Siksi jälkikaiunta-ajat nykyaikaisissa elokuvateattereissa ovat hyvin lyhyitä ja käytännössä salin kaikki pinnat ovat voimakkaasti absor-

boivia. Katsoja aistii lähinnä suoraan äänentoistojärjestelmästä tulevaa ääntä, sillä heijastukset absorboivista pinnoista ovat minimaalisia. (RIL 243-1-2007, 2007 s. 158) Elokuvateatterien eri esityssalien ollessa vierekkäin, toisen salin äänentoiston aiheuttamat matalat taajuudet tuntuvat ja kuuluvat sen viereisissä saleissa. Tähän ei voi huoneakustisella suunnittelulla vaikuttaa, koska matalat taajuudet siirtyvät usein rakenteiden kautta tilasta toiseen.

Konserttisalissa jälkikaiunta-aika on elokuvateatteriin verrattuna pitkä. Yleisöstä johtuva absorptioala on suuri, jonka takia muiden salin pintojen tulee olla heijastavia Musiikin kokemisen kannalta tärkeitä ovat suoran äänen lisäksi varhaiset heijastukset erityisesti sivusuunnasta. (RIL 243-1-2007, 2007 s.158) On myös tärkeää saada kaikki taajuudet kuulumaan mahdollisimman laajalle alueelle salissa, joten diffuusorien käyttö on suositeltavaa. Konserttisalien ääniominaisuuksiin tutustumme paremmin seuraavassa työn osiossa.

Auloissa, odotushuoneissa, ruokaloissa, ravintoloissa ja muissa vastaavissa tiloissa toiminta tapahtuu koko tilassa ja kommunikaatio pääasiassa lähietäisyydellä. Näissä tiloissa absorptioala jaetaan tasaisesti, jotta tilasta tulisi rauhallinen ja viihtyisä. (RIL 243-1-2007, 2007 s. 158)

Avotoimistossa muista työpisteistä kuuluvaa puhetta pidetään usein häiritseväenä. Pintojen voimakkaalla absorptiolla vähennetään äänen heijastuksia työpisteiden välillä, esimerkiksi isojen toimistotilojen lattiaa peittää usein kokolattiamatto ja alakatot ovat paneloitu akustiikkaan vaikuttavilla levyillä. Sen lisäksi työpisteiden välillä olevat seinäkkeet estävät suorat äänet työpisteeltä toiselle. Paras tulos saavutetaan, jos avotoimiston taustaäänien tai keinoitekoisen peittoäänien äänitaso on 40 - 45 dB. Tällöin se peittää viereisestä työpisteestä tulevaa puheääntä. (RIL 243-1-2007, 2007 s.158-159)

Teollisuushalleissa voi olla runsaasti äänekkäitä koneita, joiden synnyttämä äänitaso voi aiheuttaa kuulovaurio-riskin. Tilan äänitasoa saadaan alennettua järjestämällä sinne suuri absorptioala. Tällöin huoneakustiikan keinoja käytetään meluntorjuntaan. (RIL 243-1-2007, 2007 s.159)

3.3 Ääni suljetussa tilassa

Kun seisot suljetussa tilassa ja joku lyö kätensä yhteen, havaitset enimmäkseen tilan eri pinnoista heijastunutta ääntä, ellet ole ihan lyöjän lähellä. Samalla kuitenkin osaat määrittää alkuperäisen äänen lähteen suunnan tilassa. Tämä johtuu siitä, että suoraan äänilähteestä tuleva äänienergia ehtii korviisi ennen heijastuksia, koska äänilähteestä korviisi tulevan äänen kulkema matka on lyhyempi kuin heijastuksilla. Ihmiskorva kuitenkin käsittelee varhaisten heijastusten äänen ja suoraan äänilähteestä tulevan äänen samana, jos varhaiset heijastukset tulevat enintään 50 - 80 millisekunnin kuluttua suoraan äänilähteestä tulleen äänen jälkeen kuulijan korvaan. Jos heijastuksella menee kauemmin, rekisteröi ihmiskorva äänen erilliseksi ääneksi. Huoneenlämmössä ääni ehtii kulkea 50 millisekunnin aikana noin 17 metriä. (RIL 243-1-2007, 2007 s. 159-160) Tästä syystä esimerkiksi yökerhoissa äänentoistojärjestelmä ei saisi olla 17 metriä kauempana yleisöstä, jolle musiikin tulisi kuulua selkeästi. Siksi isommissa yökerhoissa on kaiuttimia usealla rintamalinjalla, jotta tämä etäisyys ei ylittyisi.

Äänen heijastumista eri pinnoilta voi verrata valon heijastumiseen peilin pinnalta. Jos pinta on tarpeeksi sileä, tiheä ja kova, heijastuu ääni samassa kulmassa poispäin pinnasta, kuin missä se tuli. Osa äänen energi-asta kuitenkin absorboituu pintaan ja vain osa alkuperäisen äänen energiasta heijastuu pinnasta (RIL 243-1-2007, 2007, s. 159-160). Menetettyyn äänienergiaan ja heijastuksen suuntaan vaikuttaa materiaali, sen pinnanmuoto ja paksuus. Materiaalin paksuus ja äänen taajuus ovat yhteydessä toisiinsa. Matalien taajuuksien aallonpituus on pidempi, kuin korkeiden taajuuksien. Siksi matalien taajuuksien vaimentamiseen tarvitaan paksumpi vaimentava materiaalikerrok, kuin korkeita taajuuksia vaimentaessa (RIL 243-1-2007, 2007, s. 149). Tutustumme erilaisiin huoneakustiikkaa muokkaaviin keinoihin myöhemmin.

Sellaisia tilanteita tulee välttää, joissa esimerkiksi suorakulmaisen huoneen kaksi samansuuntaista vastak-kaista seinämää jäävät heijastaviksi ja muut pinnat ovat voimakkaasti absorboivia. Heijastavat pinnat saavat äänen poukkoilemaan välillään aiheuttaen tärykaikua eli käytännössä sama ääni heijastuu niin monta ker-taa pinnoista, että kuulija rekisteröi ne eri ääninä. Tämä on esiintymistiloissa erityisen epätoivottu ilmiö. (RIL 243-1-2007, 2007 s. 160)

Kaiken kaikkiaan huoneakustiikan avulla saavutettavat tavoitteet riippuvat täysin tilan käyttötarkoituksesta. Suunnittelussa on otettava huomioon tilan muoto, ellei kyseessä ole uudiskohde, jolloin tilan voi suunnitella tarkoituksen kannalta optimaaliseen muotoon. Nyt kun olemme tutustuneet yleisellä tasolla akustista käsittelyä vaativiin kohteisiin, voimme syventyä musiikin maailmaan. Konsertti- tai oopperasali on kenties yleisin erityisen tarkkaa akustista suunnittelua vaativa kohde. Se on myös haastavin, sillä musiikki kattaa usein ihmisen kuuloaistin koko taajuusalueen. Siksi suunnittelijan tulee löytää mahdollisimman oikea suhde heijastavia, absorboivia ja hajottavia pintoja ja integroida ne muuhun arkkitehtuuriin sopivaksi. Konserttisaliin haluttuja ääniominaisuuksia ei kuitenkaan voi käyttää yleissääntönä mihin tahansa musiikin esitystilaan. Musiikin tyyli ja lähde vaikuttavat suuresti siihen, mitä akustisia ominaisuuksia tilalta vaaditaan.

4. Tila musiikille

4.1 Soitin ja kone

Konserttisaleissa ja oopperataloissa on akustisesti suuria eroja. Jotkut klassisen musiikin soittoon tarkoitettut salit ovat jälkikaiunta-ajaltaan anteeksi antavampia, kuin toiset. Tällä tarkoitan sitä, että jälkikaiunta-ajan ollessa pidempi, saattaa pieni soittovirhe piiloutua aiemman oikein soitetun nuotin varjoon. Sen sijaan lyhyt jälkikaiunta-aika paljastaa virheet herkemmin. Tämän takia esimerkiksi Yhdysvaltojen suurten musiikkiorkesterien soittajat ja kapellimestarit eivät mielellään soita muualla, kuin kotisalissaan. He tottuvat oman salinsa ominaisuuksiin ja muokkaavat soittamistaan niihin sopivaksi. Huonosti toteutettu huoneakustinen suunnittelu voi kuitenkin vaikeuttaa esiintyjien työtä. (Beranek, 2002 s. 4 - 5)

Philadelphian musiikkiakatemia on vanhin yhä käytössä oleva oopperatalo Yhdysvalloissa ja se rakennettiin vuosien 1855-1857 aikana. Arkkitehtien alkuperäisten suunnitelmien mukaan salin alle tehty tiilinen kaikukammio ei toiminutkaan odotusten mukaisesti, sillä sen päällä ollut lattia ei päästänyt ääntä riittävästi läpi. Kaikukammion takia salin kattoa ei suunniteltu heijastavaksi elementiksi, jolloin salin akustiset ominaisuudet, yleisön ohella, absorboivat äänet liian tehokkaasti eli salin jälkikaiunta-aika jäi liian lyhyeksi yleisesti orkesterisoittimille hyväksi todetusta jälkikaiunta-ajasta (G. André & co, 1857, s. 15 - 17). Philadelphian orkesterin kapellimestarit Leopold Stokowski ja Eugene Ormandy joutuivat opettamaan orkesterejaan venyttämään nuottien loppuja, ikään kuin simuloidakseen salin kaikua, koska musiikkiakatemian salin oma akustiikka oli niin ”kuiva” (Beranek, 2002, s. 4). Vuonna 1994 tehdyn kattavan entisöintiremontin yhteydessä salin akustiikkaa paranneltiin (Doukakis & Gibney Weko, 2011, s. 30 - 33).

Merkittävää on myös, millaista musiikkia tilassa esitetään. Klassiset soittimet vaativat täysin erilaisia akustisia ominaisuuksia, kuin esimerkiksi aiheeseen sidoksissa oleva elektroninen musiikki, joka tunnetaan myös nimellä konemusiikki. Klassisten soittimien soittajat suosivat toisistaan eriäviä akustisia ominaisuuksia; pianistille jälkikaiunta-aika ei ole kovinkaan merkityksellinen ominaisuus, sillä pianisti voi pedaalillaan pidentää nuotteja halutesaan. Siksi pianistin ei tarvitse huolehtia esitystilan ominaisuuksista, vaan voi soittaa samalla tyylillä lähes paikasta riippumatta. Viulisti taas kaipaa pidempää jälkikaiunta-aikaa. Ilman sitä soitto kuulostaa ”tyhjältä”. Nuotista toiseen siirtyminen kuulostaa töksähtelevältä, koska edellisen nuotin ääni häviää liian nopeasti. Tosin liian pitkä jälkikaiunta-aika haittaa musiikin selkeyttä, kun nuotit leijuvat liian kauan päällekkäin. Urkuri sen sijaan haluaa niin pitkän jälkikaiunta-ajan kuin mahdollista. Urut ovat riippuvaisia siitä. Siksi kovapintaiset kirkot ja katedraalit ovat parhaita tiloja urkumusiikille. Urkumusiikille otollisin jälkikaiunta-aika on kaksi tai yli kaksi sekuntia pitkä. Näiden seikkojen takia vanhat musiikkisalit on suunniteltu sen ajan musiikkityyliin pohjalta ja sen ajan sävellyksiä ei voida toistaa kaikissa saleissa, sillä ne on sävelletty sen ajan akustisten ihanteiden mukaan. (Beranek, 2002, s. 7 - 9)

Samanlaisia eroja tarvittavista akustisista ominaisuuksista voidaan löytää myös elektronisen musiikin eri tyyli-lajeista ja samat ongelmat pitää ratkaista tiloissa, joissa musiikkia esitetään. Yleisesti elektroninen musiikki on tuotettu tietokoneella, akustisesti hyvin steriilissä tilassa, joko hyvin absorboivassa studiossa, kotona omassa makuuhuoneessa tai vaikka kahvilassa. Teknologian kehityksen myötä musiikkia voi tehdä miltei missä tahansa kannettavan tietokoneen avulla.

Koska elektroninen musiikki ei ole tiettyjen soittimien yhdistelmä, vaan tekijän täysin manipuloitavissa oleva digitaalinen tuotos, voi tekijä luoda musiikkiin oman tilan tunnun tai halutessaan sen puutteen tietokoneellaan. Tällöin soittotilan akustiset ominaisuudet voivat vapaasti vaikuttaa siihen, miltä musiikki kuuntelijasta kuulostaa, eikä esiintyjän työ vaikeudu. Itse musiikkiin ei voi tehdä suuria muutoksia, koska musiikkia ei useimmiten varsinaisesti soiteta, vaan toistetaan. Musiikin taajuuskaistojen suhdetta voidaan tilaan sopivaksi. Tästä on vastuussa pääasiassa musiikkifestivaaleilla ja ”yö-klubeilla” työskentelevä ääniteknikko, joka tarkkailee äänenvoimakkuuksia, taajuuksia ja vastaa siitä, että musiikki kuulostaa oikealta. Tällöin artistit voivat keskittyä täysin omaan työhönsä, ihmisten tanssittamiseen ja tunnelman luomiseen. Tämän takia useilla tunnetuilla elektroniseen tanssimusiikkiin keskittyvillä musiikkiklubeilla ei poiketa tietystä musiikkityylistä kovin kauas, koska tilan akustiikkaa on suunniteltu tiettyyn tyyliin sopivaksi.

Elektronisen musiikin soittamiseen toivottu jälkikaiunta-aika vaihtelee noin 0,5 - 1,5 sekunnin välillä (Tervo, Saarela, Pätynen, Huhtakallio, & Laukkanen, 2015 s. 554). Tavoiteltu jälkikaiunta-aika eroaa eri taajuuksilla. Matalataajuuksiset äänet, kuten elektronisen tanssimusiikin sydän ”bass drum”, eivät saa viipyä liian kauan tilassa, koska niillä on elektronisen musiikin tyylistä riippumatta suuri merkitys ja niiden pitää erottua tarpeeksi selkeästi. Korkeammat äänet voivat viipyä tilassa pidempään, sillä ne eivät ole elektronisen musiikin rytmin tunnistamiselle elintärkeitä, vaan toimivat vaihtelua lisäävänä ja melodisena elementtinä tanssimusiikissa.

Esiinnyimme opiskelijakaverin kanssa vuonna 2018 teollisuushallimaisessa tilassa Otaniemen Design Factoryssä, jossa seinät, katto ja lattia olivat betonista. Tilaa ei selvästi ollut tarkoitettu musiikin soittoa varten, mutta se toi tuttuihin konemusiikkikappaleisiin omanlaista persoonallisuutta, koska jotkut taajuudet korostuivat ja heijastuivat muita voimakkaammin. Elektronisen musiikin esittäminen teolliseen tarkoitukseen tehdyissä tiloissa ei ole koskaan ollut ongelma. Oikeastaan elektronisen musiikin historiaan liittyy lukemattomia teollisuuskäyttöön tarkoitettuja tiloja. Alkuaikoinaan 80- ja 90-luvun taitteessa elektronista musiikkia soitettiin hylätyissä teollisuusrakennuksissa tai varastoissa. Myös syrjäiset alikulkutunnelit olivat ja ovat edelleen suosittuja, jopa Otaniemessä. Tunnetuimpia elektronisen musiikin kuunteluun tarkoitettuja klubeja, Berliinissä Berghain ja Lontoossa Printworks, on perustettu vanhoihin teollisuus- tai varastotiloihin. Miksi juuri tällaiset tilat palvelevat elektronisen musiikin kuuntelun ja esittämisen tarpeita niin hyvin?



Kuva 1: Bristolissa sijaitseva entinen teollisuusvarasto täynnä tanssivaa kansaa. Aaltopeltikatto toimii eräänlaisena hajottavana elementtinä tilassa.

4.2 Teollisuushalli – muodoltaan pätevä

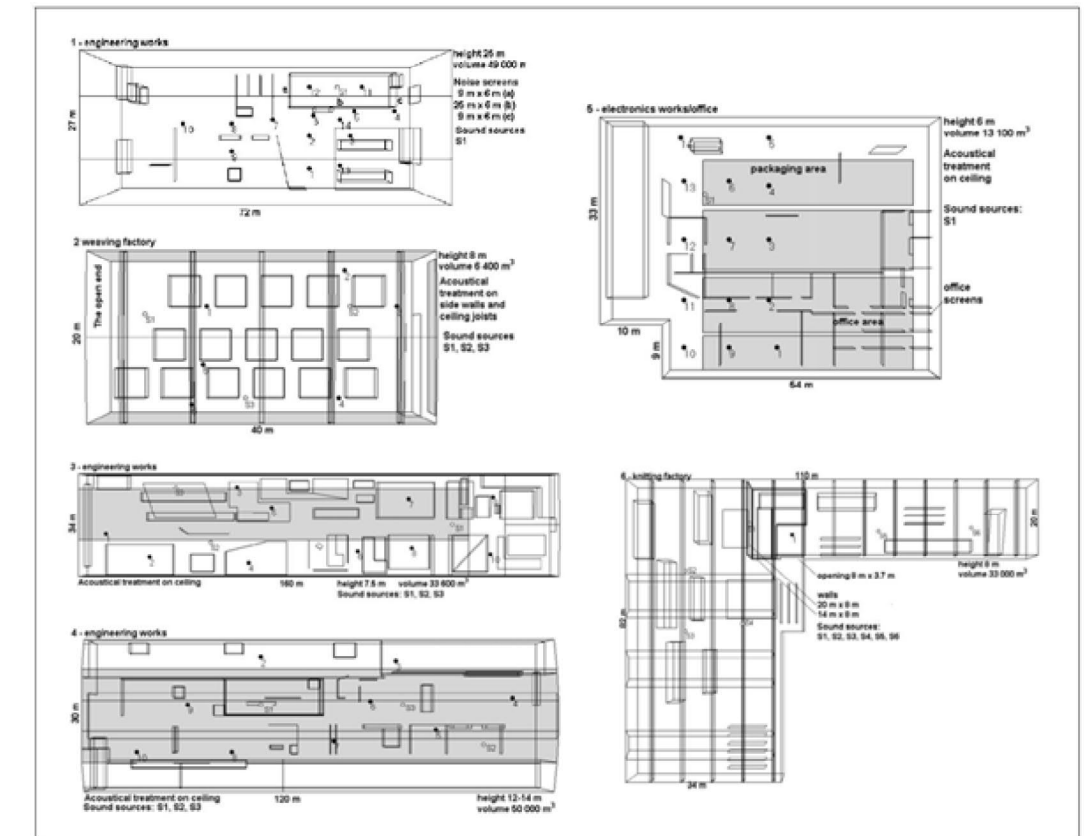
Teollisuuskäyttöön rakennetut rakennukset ovat rakenteiltaan järeitä ja muodoltaan loogisen suorakulmaisia. Materiaaleina on useimmiten tiili ja betoni. Teollisuuskoneiden koon takia kantavien rakenteiden jännevälit ovat pitkiä ja tilat usein korkeita, joten seinät ja pilarit ovat verrattain paksuja. Teollisuushalleissa on usein koko hallin pituudelta parvia, jotta muiden, kuin konetyöntekijöiden, ei tarvitsisi mennä järeiden teollisuuskoneiden lähelle. Beranekin kirjassa (2002) Bostonin konserttisalia kehutaan akustisesti erinomaiseksi tilaksi. Sali on suhteellisen suuri suorakaiteen muotoinen tila, jonka pinnoissa on paljon epäsäännöllisyyksiä äänen hajottamiseen. Lisäksi tilan raskaat seinät, parven lappeet ja kamanat ylläpitävät matalia taajuuksia. Salin jälkikaiunta-aika on 1,8 – 2,1 sekuntia ja sitä voi säädellä saliin ripustettavilla heijastavilla ja hajottavilla erikoispaneelilla. Kuvauksen perusteella teollisuushalli kuulostaa potentiaaliselta tilalta musiikkikäyttöön.

Akustisesti käsittelemättömien teollisuus tilojen jälkikaiunta-ajat ovat musiikki tarkoituksiin usein liian pitkät. Esimerkiksi taulukko 2:ssa näkyvät kuusi teollisuustilaa on kuvissa käsitelty akustisesti, mutta niiden jälkikaiunta-ajat mitattiin ennen ja jälkeen akustisen käsittelyn. Tilojen akustinen käsittely on tehty työterveydellisten suositusten mukaan, joten käsittelyn jälkeisiä tuloksia ei voi suoraan hyödyntää musiikillisessa kontekstissa. Lisäksi tilat oli varustettu teollisen käyttötarkoituksensa mukaisesti.

Tilojen materiaalit olivat pääasiassa akustisesti ”kovia”. Betoniset lattiat, pilaripalkit ja tiiliseinät heijastavat ääntä liikaa musiikin kuuntelun kannalta. Lisäksi useassa tilassa oli suuria ikkunapintoja, jotka osittain absorboivat matalia taajuuksia, mutta heijastavat korkeita. Joka tapauksessa jälkikaiunta-ajat olivat yksinkertaisesti liian suuria, kuten taulukko 3:sta voidaan havaita. Huomionarvoiset arvot ovat mustalla neliöllä merkityt arvot, jotka on saatu mittaamalla tilan jälkikaiunta-arvo eri taajuus alueilla ennen akustista käsittelyä.

Kaikkien tilojen jälkikaiunta-aika nousi joillain taajuusalueella yli 2,1 sekunnin, joka oli suositeltavan jälkikaiunta-aikahaarukan yläraja Beranekin havaintojen perusteella. Aiheen tarkoitukseen se on kuitenkin liian pitkä. Asia voidaan kuitenkin korjata jälkikäteen asennetuilla erilaisilla akustiikkapaneelilla. Mutta ennen muokkaustapoihin syventymistä tulisi tutustua tarvittaviin mittaustapoihin, jotta saadaan selville, millaista akustista muokkausta tila vaatii.

Taulukko 2. Kuvassa olemassa olevia teollisuustiloja, jotka on mallinnettu akustiikkamalleiksi. Kuvakaappaus Acta Acustica united with Acustica, julkaisusta 89, s. 865, Figure 1.



Taulukko 3. Kuvakaappaus Acta Acustica united with Acustica, julkaisusta 89, s. 869, Figure 2.

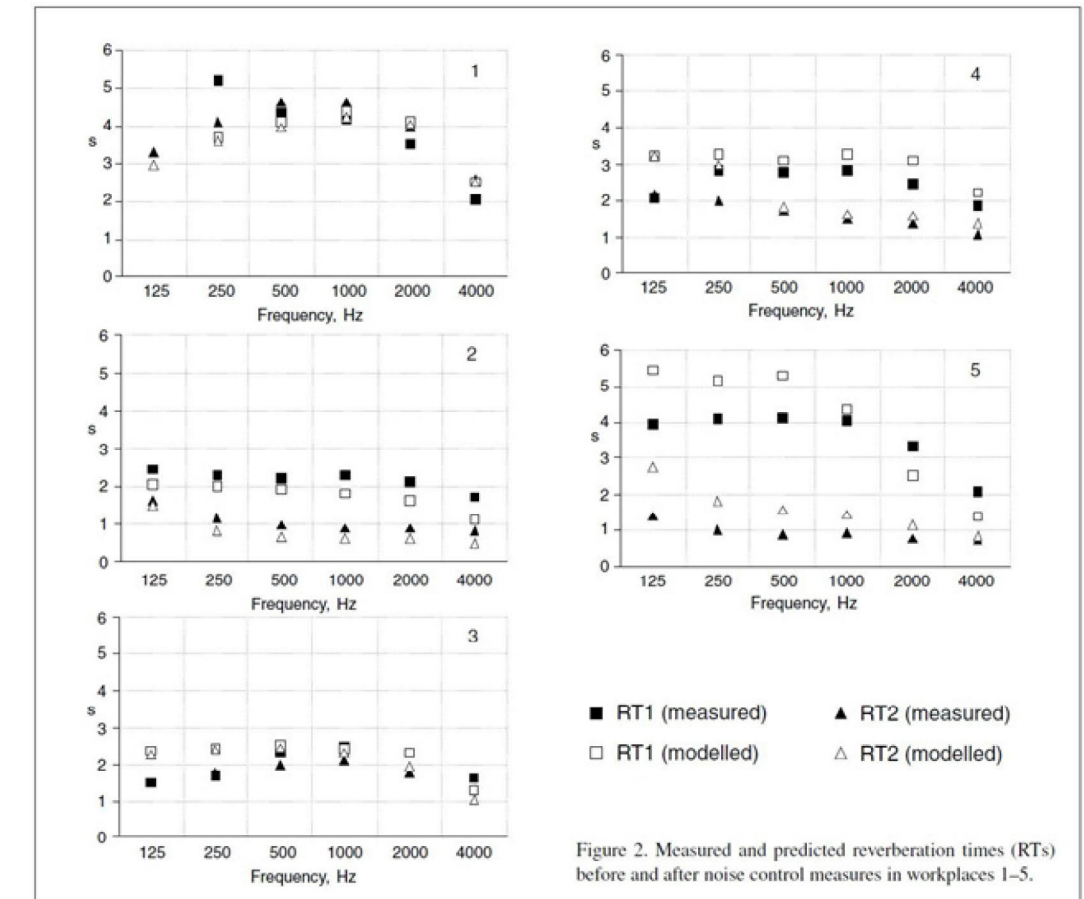


Figure 2. Measured and predicted reverberation times (RTs) before and after noise control measures in workplaces 1-5.

4.3 Huoneakustisten tarpeiden selvittäminen

Aiemmin mainittujen taulukko 2. ja 3. teollisuushallien huoneakustiset vaatimukset selvitettiin kahdella eri tapaa, mittaamalla ja mallintamalla. Mittaaminen on jo olemassa olevan rakennuksen kohdalla rationaalisempi keino selvittää huoneakustiikan muokkaamiseksi tarvittavat parametrit, mutta uudisrakennusten kohdalla mallinnus on ongelmistaan riippumatta paras keino. Mallintamista joudutaan joka tapauksessa käyttämään molemmissa tapauksissa, sillä uusien huoneakustisten elementtien vaikutusta ei voi tietää ennen niiden asennusta ja mallintamisen avulla saadaan tarpeeksi tarkka lopputulos.

4.3.1 Mittaus

Vuonna 2015 Aalto-yliopiston akustiikan laitos julkaisi pöytäkirjakokoelman tutkimuksesta, jossa he olivat mitanneet seitsemän eri live-musiikin esittämiseen tarkoitettun tilan akustiset ominaisuudet. He kokivat, että akustiset tutkimukset keskittyivät pääosin konserttisaleihin ja kaupallisemmän musiikin esittämiseen tarkoitettujen tilojen akustiikka oli jätetty enemmän tai vähemmän huomiotta. Aiemmin näiden tilojen akustiikkaa oli tutkittu yhden mikrofonin kautta tehtyjen havaintojen pohjalta. (Tervo et al, 2015 s. 551)

Suurin ero yökerhojen ja konserttisalien välillä on äänen lähde. Konserttisaleissa ääni on lähtöisin soittimista itsestään, mitään ei ole vahvistettu teknologialla. Yökerhossa kaikki ääni tulee kaiuttimista. Alla mainittavissa esimerkeissä oli kaikissa moniulostuloinen kaiutinjärjestelmä (useita kaiuttimia, jotka kattavat korkeat-, keski- ja matalat taajuudet, kykenevät toistamaan noin 40 - 30 000 Hz taajuuksia), sekä erilliset subwooferit (todella matalat taajuudet, kykenevät toistamaan noin 20 - 120 Hz taajuuksia). Kaiuttimien ja subwoofereiden valmistajilla ja tyypeillä on eroavaisuuksia. Tämä vaikuttaa haluttaviin parametreihin, kuten esimerkiksi huomattavasti konserttisaleja lyhyempään jälkikaiunta-aikaan.

Mitattavia parametreja akustiikan laitoksen julkaisussa, yökerho tai live-musiikki tiloissa oli jälkikaiunta-ajan, *T30*; lisäksi lateraaliääniosuus (LEF), kirkkaus *D50*; selvyys, *C50*; ja varhainen vaimenemisaika (EDT). Kaikki parametrit mitattiin oktaavikaistan keskitaajuuksilla: matala B (62.5 Hz ja 125 Hz), keskitaso M (250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz ja 2000 Hz) ja laaja W (kaikki yli 2000 Hz). Kaikki parametrit mitattiin LEF-parametreja lukuun ottamatta mikrofonilla, joka oli suuntaamaton. (Tervo et al, 2015 s. 552 - 553) Suuntaamaton mikrofoni äänittää teoriassa kaikkialta sen ympäriltä tulevia ääniä, joskin tähän vaikuttaa mikrofonin oma koko. Pienimmät suuntaamattomat mikrofonit ovat kooltaan 6 mm halkaisijaltaan, joka käytännössä poistaa mittausvirheet korkeimmissakin taajuuksissa. (DPA Microphones, 2015) LFE parametrit arvioitiin SDM kerrointen kautta. (Tervo et al, 2015 s. 553)

Mittauksissa tulee ottaa huomioon yleisön akustinen vaikutus. Yleisö absorboi ääntä tehokkaasti. Läheskään yhtä suurta eroa tyhjän ja täyden tilan mittauksissa ei synny konserttisaleissa, koska istuimet absorboivat myös ääntä. Mittauksessa käytettävän mikrofonin sijainti on myös tärkeää valita oikein. Mainitussa mittaustapauksessa mikrofoni oli asetettu 1,7 metrin korkeuteen, tilan leveyssuunnassa keskelle, äänentoistojärjestelmästä noin 2/3 tilan pituuden verran etäämmäksi.

Myös kaiutinjärjestelmien erot pitää ottaa huomioon. Pystysuuntaiseen linjaan järjestetyt kaiuttimet loivat mittauksessa käytetyn äänen ja sen toistotyylin takia äänen säröämistä, jota jouduttiin kompensoimaan. Kompensointi oli perusteltua, koska samantyyppistä ongelmaa musiikin toistamisessa ei oletettavasti tapahdu. Samaa ongelmaa ei havaittu, kun äänentoistojärjestelmän rakenne oli erillisiä kaiuttimia eri osissa tilaa.

Mittausten avulla voidaan selvittää, miten katto, lattia ja eri seinät vaikuttavat ääneen eri taajuuksilla. Näiden tietojen pohjalta tilaan voidaan lisätä tarvittavia pintamateriaaleja, sopiva määrä ja oikeisiin paikkoihin.

4.3.2 Mallinnus

Tietokoneavusteisia akustiikan mallintamistapoja on useita ja niitä on käytetty jo yli 50 vuotta (Savioja ja Svensson, 2015 s. 708-709). Keskityn kandidaatintyössäni helpoimmin ymmärrettävään ja tarkimpaan geometrisen mallinnuksen tapaan eli säteenseurantaan. Mallintamisen avulla saadaan simuloitua suunniteltujen huoneakustisen muokkauksen vaikutukset olemassa olevaan tai täysin uuteen tilaan. Varsinkin uudisrakentamisessa tämä on ainoa keino selvittää muokkaustarpeet riittävän lähelle todellisia tarpeita. Epätarkkuus johtuu simulaatioissa siitä, että tilassa käytettäviä materiaaleja on mahdoton simuloida tarkasti, koska rakennusta ei fyysisesti ole ja täten sen akustisia ominaisuuksia ei voi mitata. Esimerkiksi tiilimuurauksen pinnan akustisia parametreja on mahdoton arvioida tarkasti, koska muuttujia on niin paljon. Lisäksi simulaatiossa määritetään aina, kuinka monta sädettä äänilähteestä lähetetään. Mitä suurempi määrä, sitä lähemmäksi todellisuutta päästään.

Säteenseurannan kautta tehtävä akustisten parametrien arviointi on perusidealtaan hyvin selkeä. Tilasta tehdään 3D-malli ja kullekin pinnalle annetaan mahdollisimman tarkat materiaalit ja paksuudet. Myös tilassa olevat muut objektit tulisi mallintaa paremman arvion tuottamiseksi. Kun malli on valmis, tietokone simuloi samat toimenpiteet, kuin akustiikan mittauksessa. Simuloidusta äänilähteestä lähtee säteitä (mittauksessa ääntä) ja mallinnetussa tilassa on vastaanotin (mittauksessa mikrofoni), johon säteet mahdollisesti päätyvät. Jokaiselle säteelle annetaan informaationa arvot niiden sisältämästä energiasta ja osuessaan erilaisiin pintoihin, säteen energia arvo vaimentuu eri pintojen ominaisuuksien mukaan ja heijastuu oikealla tavalla eteenpäin muokatuilla arvoilla. Näin voidaan tehdä taajuuskaistoittain siten, että jokaisella kaistalla on oma energiainformaationsa. Vastaavasti materiaalien absorptio arvioidaan valituilla taajuuskaistoilla. Käytännön tarkoituksiin on järkevää käyttää tilassa useita vastaanottimia, esimerkiksi konserttisaleissa kullekin istuimelle omaansa. Säteenseurannan käyttäminen on tarkempaa sen takia, että sen avulla voidaan simuloida myös ääntä hajottavien pintojen vaikutukset ääneen. (Savioja ja Svensson, 2015 s. 717 - 719) Näiden simulaatioiden tuottamat tulokset eivät ole absoluuttisen tarkkoja, mutta auttavat suunnittelijaa valitsemaan käytännön kannalta tarvittavalla tarkkuudella ääntä muokkaavat materiaalit tilaan. Valmiin tilan akustiset parametrit mitataan vielä lopuksi, jotta voidaan varmistua hyvästä lopputuloksesta.

Jo olemassa olevaan tilaan voidaan tehdä tarvittavat mittaukset ja täten kalibroida mallinnusohjelman materiaaleja tarkemmiksi vastaamaan todellisuutta. Akustiikan muokkaamiseen käytettävät mittatilauksena tehtävien

materiaalien parametrit voidaan mitata etukäteen ennen asennusta. Markkinoilla olevien materiaalien parametrit ovat jo tiedossa. Tämän vuoksi mahdolliset lopulliset muokkaukset ovat pienempiä kuin uudisrakennuksissa.

Akustiikan mallintaminen kehittyy jatkuvasti. Markkinoilta löytyy erilaisia ohjelmakokonaisuuksia, jotka käyttävät erilaisia mallinnustapoja rinnakkain tarkimman tuloksen saamiseksi. Näiden ohjelmien avulla voidaan simuloida staattisten tilanteiden lisäksi esimerkiksi yleisön liikkeestä aiheutuvaa akustista muutosta tilassa. (Savioja ja Svensson, 2015 s. 725) Tietokoneiden, esimerkiksi tietokonepelien visuaalisessa käytössä olevien tekniikoiden ja tekniikan hyödyntäminen akustiikan mallintamisessa lisääntyy mitä todennäköisimmin. Nykyisten näytönohjainten avulla voidaan laskea tehokkaammin suurempia määriä säteitä, kuin prosessorien avulla. Tästä todisteena uusimmat Nvidia-näytönohjaimet, jotka ovat alkaneet hyödyntää reaaliaikaista säteenseurantaa simuloidessaan valon käyttäytymistä 3D-tilassa videopeleissä.

5. Ääneen vaikuttaminen

Tilan ääniominaisuuksiin voi vaikuttaa usealla eri tavalla. Käytännöllisintä on kiinnittää tai rakentaa olemassa oleviin pintoihin selvitettyjen tarpeiden pohjalta suunniteltuja akustisia elementtejä. Yleisimpiä ovat erilaiset valmispaneelit, jotka toimivat äänen kannalta hyvin, mutta näyttävät usein liian irrallisilta tilassa. Tästä syystä on hyvä tietää, mitä eri ääniominaisuuksia voidaan muokata ja millä keinoin.

5.1 Vaimennus

Absorption eli äänenvaimennuksen määrän ja sijoittelun muuttaminen on nimenomaan jälkikaiunta-aikaa säätelevä tapa muovata huoneen akustiikkaa. Tärkeää on saada selville tilan jälkikaiunta-ajat eri taajuuksilla ja näiden tietojen avulla sijoitella vaimennusverhous tarvittavissa määrin. Toki huoneen ilmeen kannalta kannattaa valita tuote, jonka avulla huoneesta tulee yhtenäisen näköinen ja ettei kaikki vaimennus sijoitu yhteen paikkaan.

Vaimennusverhouksen ominaisuuksiin vaikuttaa materiaalin paksuus, pintakäsittely/pintakerros, asennus sekä verhouksen taakse jäävä ilmatila, esimerkiksi alakatoissa levyn ja varsinaisen katon väliin jäävä tila. Huokoinen materiaali absorboi tehokkaimmin ääniä, joiden aallonpituudesta neljäsosa osuu materiaalin paksuuden sisään. Tästä johtuen korkeammat äänitaajuuudet on helpommin hallittavissa mataliin verrattuna. Yleensä vaimentavan materiaalin paksuuden pitäisi olla vähintään kymmenes vaimennettavan äänen aallonpituudesta. (RT 07-10881, 2006)

Otetaan esimerkiksi tila, johon teoriassa mahtuisi noin 1500 ihmistä, jotka mahtuvat vielä tanssimaan eli noin

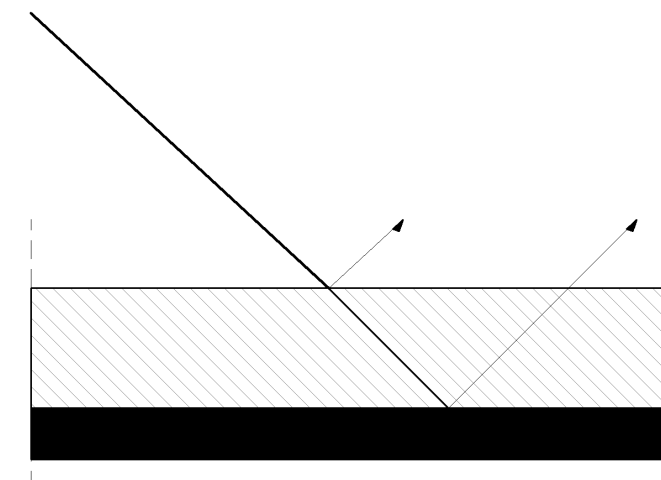
kolme ihmistä per neliömetri. Tila olisi pinta-alaltaan 500 neliömetrin luokkaa ja tila olisi ennen ollut teollisuuskäytössä, jolloin huonekorkeus on tavallista korkeampi esimerkiksi 5 metriä. Täten huoneen tilavuus on 2500 kuutiometriä. Tila on pintamateriaaleiltaan betonia tai tiiltä ja akustiikka suunnitellaan täysin alusta. Eli vanhat akustiset toimenpiteet poistetaan, jolloin tila on hyvin ääntä heijastava. Kalusteiden akustisia ominaisuuksia ei nyt oteta huomioon. Tanssimusiikin kuunteluun suositeltu jälkikaiunta-aika on noin 1 – 1,2 sekuntia. Sabinen kaavaa hyväksikäyttäen huoneen absorptioala (A) on:

$$A = (0,16 \times 2500 \text{ m}^3) / (1,0 \dots 1,2 \text{ sekuntia}) \quad A = 400 \dots 333,33 (\text{m}^2 - \text{Sab})$$

Seuraavaksi valitaan vaimennusmateriaaliksi normaali mineraalivilla 50mm paksuna, jonka absorptiosuhde on 0,92 taajuuksilla 500 Hz ja sitä korkeammat taajuudet. Nyt voimme laskea arvion, kuinka monta neliometriä kyseistä mineraalivillaa tarvitaan, jotta päästään noin 1 – 1,2 sekunnin jälkikaiunta-aikaan oletuksella, että tila on muilta pinnoiltaan kova ja lähes ääntä vaimentamaton. Vaimennusverhouksen pinta-ala:

$$(333,33 \dots 400 (\text{m}^2 - \text{Sab})) / (0,92) = \text{noin } 362,3 \dots 434,8 \text{ m}^2 \text{ mineraalivillaa}$$

(Olen muuttanut kaavan arvot aiheeseen sopivammaksi. Alkuperäinen kaava RT 07-10881 sivulla 3)



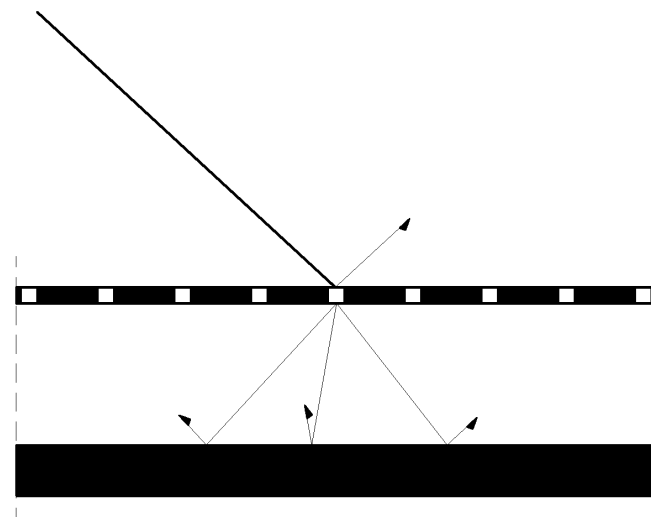
Vaimennus

5.2 Resonanssivaimennus

Tämä keino sopii parhaiten matalille- ja keskitaajuuksille. Riisutummillaan paneeli voi koostua rei'itetystä rakenuslevystä, jonka takana on ilmapäli ja huopa tai mineraalivillakerros. Resonanssivaimennusrakenteen toimivuuteen vaikuttaa reikien määrä ja koko, levyn paksuus, ilmapälin ja mitä levyn takana on.

Levy voi olla myös rei'ittämätön, jolloin se vaimentaa matalia ääniä ja riittävän paksuisena heijastaa korkeita ääniä. Vaimennusominaisuuksiin vaikuttaa rei'ittämisen lisäksi levyn paksuus, ilmapäli ja/tai mineraalivilla levyjen takana. Esimerkiksi melko ohut puinen levykerros, riittävä ilmapäli ja huopakerros absorboi matalia taajuuksia. Sen sijaan, jos levykerros on paksu, tiheä ja painava, toimii paneeli heijastavana elementtinä. (RT 07-10881, 2006)

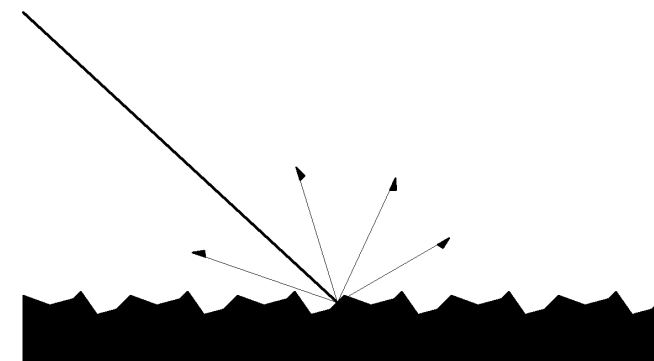
Resonanssivaimennuksessa voi yhdistää erilaisia ominaisuuksia. Pintalevy voi toimia sekä diffuusorina, että resonanssivaimentajana, jos levyn pinta on tarpeeksi monimuotoinen. Pinta pitää olla rei'itetty, mutta samalla epäsäännöllinen. Levy tulisi kiinnittää siten, että sen taakse jää riittävä ilmapäli.



Resonanssivaimennus

5.3 Diffuusorit – äänen hajottimet

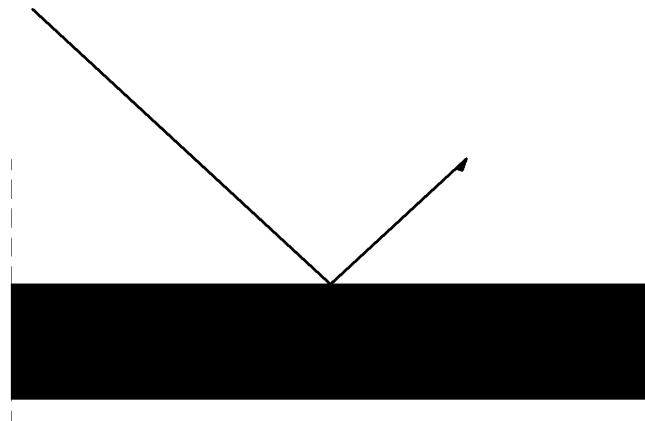
Hyvin suunnitellut diffuusoripaneelit voivat olla tilan kohokohta. Levyn materiaalin tulisi olla kovaa ja tiheää. Pinnan tulisi olla epäsäännöllinen, jotta levyn osuessaan ääni hajoaa eri suuntiin, jolloin tilaan ei synny niin sanottuja polttopisteitä, jossa ääni heijastuu ikävällä tavalla samaan kohtaan (RT 07-10881, 2006). Diffuusoreilla on myös jälkikaiunta-aikaa lyhentävä vaikutus, tosin se on vähäisempi kuin absorptiomateriaaleilla. Tämä on musiikin kannalta erittäin epätoivottava ilmiö. Samasta syystä kaarevat tai kupolin muotoiset tilat ovat huonoja tiloja musiikin esittämiseen (RIL 243-1-2007, 2007, s. 162). Diffuusorit antavat mahdollisuuden monimuotoiselle seinä- tai kattopinnoille. Tietokoneavusteisen suunnittelun avulla voidaan luoda näyttäviä, jopa taideteosmaisia laajoja pintoja, jotka toimivat sekä esteettisenä, että akustisena elementtinä tilassa, kuten esimerkkikohde Blitz todistaa.



Diffuusori

5.4 Heijastavat elementit

Heijastavia akustiikkapaneeleja tarvitaan silloin, jos tilan jälkikaiunta-aikaa halutaan pidentää väliaikaisesti tai, jos tilassa ei ole absorboivia elementtejä, joita poistaa ja jälkikaiunta-aika on silti liian lyhyt (RT 07-10881, 2006). Voi myös olla, että tilassa on taskuja, joihin ääni ei pääse, mutta joissa äänen pitää kuulua. Näin heijastavien elementtien avulla ääni saadaan ohjattua näihin taskuihin. Hieman samaan tyyliin, kuin peileillä saadaan ohjattua valonsäteitä paitsi, että ääniaaltojen teho vaimenee niiden heijastuessa erilaisista pinnoista. Teollisuushalleissa tähän ongelmaan tuskin törmää, koska niiden rakenteet ja materiaalit ovat useimmiten kovia eli heijastavia ja meluntorjuntaa varten lisättyjä absorboivia pintoja voi tarvittaessa poistaa.



Heijastus

5.5 Digitaaliset menetelmät

Kun esiintyjä tulee esiintymään jonnekin, on paikalla myös ääniteknikko. Ääniteknikon työ on varmistaa, että musiikki kuulostaa siltä miltä pitäisikin, riippumatta tilasta. Tähän tekniikka voi vaikuttaa ”miksauspöydän” takaa. Miksauspöydän avulla voidaan vaikuttaa eri taajuuskaistojen voimakkuuteen suhteessa muihin taajuuskaistoihin. Esimerkiksi, jos tekniikka kokee, että korkeat taajuudet kuuluvat liian kovaa verrattuna muihin taajuuksiin, voi tekniikka laskea niiden tasoa alemmas, kunnes musiikki kuulostaa tasapainoiselta. Tämän takia kannattaa mennä live-tapahtumissa lähelle ääniteknikon sijaintia, koska äänentoisto on kalibroitu juuri sen sijainnin mukaan hyväksi. Olen itsekin joutunut käyttämään miksauspöytää, kun olen käynyt soittamassa opiskelijatapahtumissa, joissa ei ollut äänestä vastaavaa tekniikkaa. Onneksi suurimmassa osassa esiintymisistäni sellainen henkilö on kuitenkin löytynyt.

On myös olemassa ohjelmia, jotka mittaavat tilan ääniominaisuudet ja algoritmien avulla säätävät samoja ominaisuuksia kuin ääniteknikko. Tähän tarvitaan riittävän hyvä mikrofoni. Ohjelmia tuskin käytetään live-esiintymispaikoissa, koska artisteilla on omat ääniteknikot mukanaan tai sitten esiintymispaikalla on oma ääniteknikkonsa. Niistä voi kuitenkin olla hyötyä, jos haluaa kalibroida kotona olevaa äänentoistojärjestelmää huoneeseen sopivaksi. Usein asuintiloissa tilan mitat ja materiaalit aiheuttavat ongelmia tietyissä taajuuksissa, kun taajuuksien aallonpituus ja tilan mitat kohtaavat ikävällä tavalla ja ääni ikään kuin kertaantuu. Tähän törmään välillä, kun teen kotona musiikkia ja kuuntelen tuotosta ensi kertaa kaiuttimista kuulokkeiden sijaan.

6. Vastakohdat - esimerkkikohteet

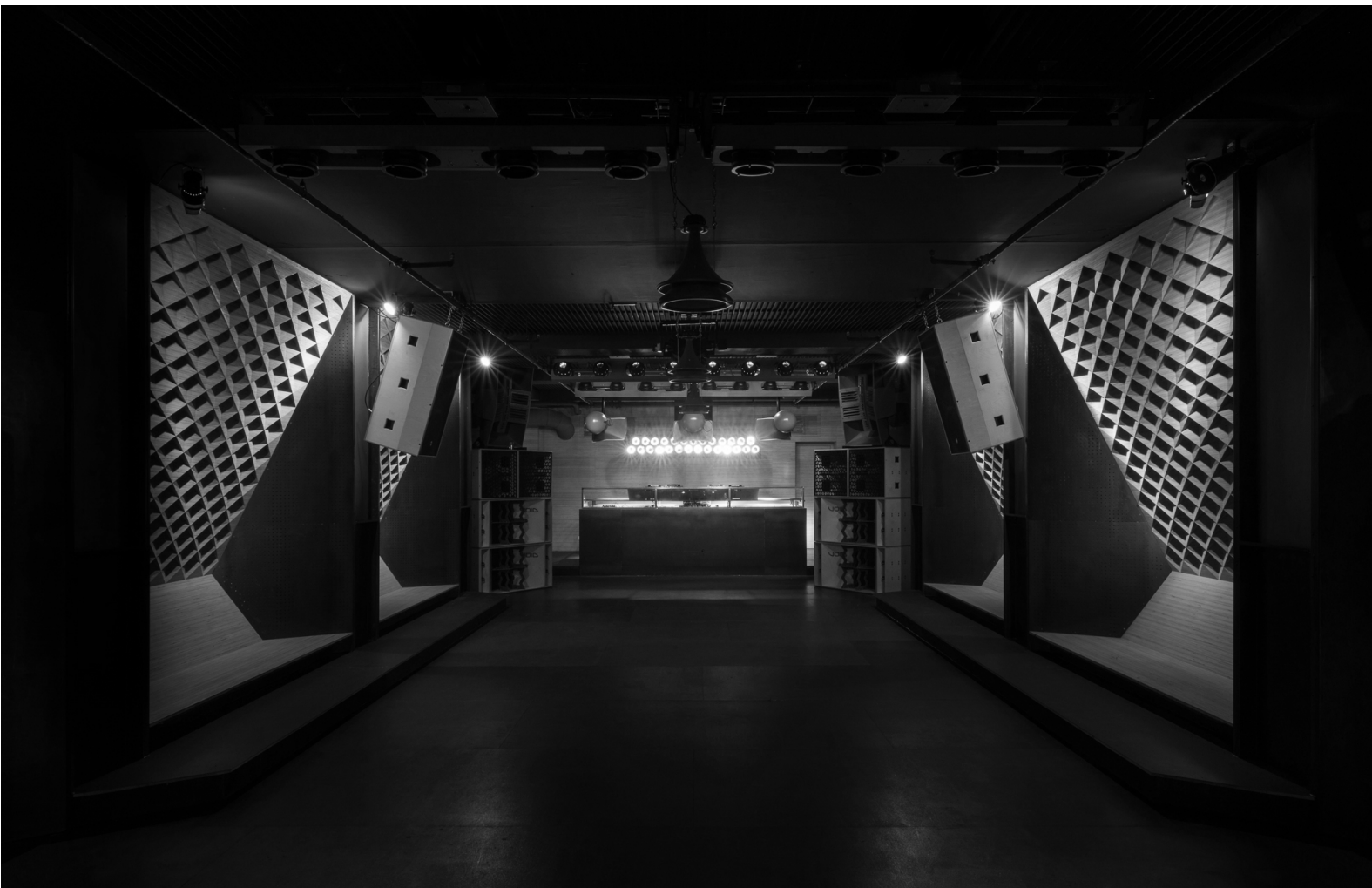
Valitsin kandidaatintyöhön esimerkeiksi kaksi hyvin erilaista lähestymistapaa, kun tavoitellaan erinomaista elektronisen musiikin toistotilaa yleisölle, mutta tila on alun perin ollut ihan muussa käytössä. Ensimmäisessä esimerkissä huoneakustiikka on hiottu mahdollisimman lähelle täydellisyyttä ja toisessa tilan akustinen käsittely on jätetty pitkälti ennalleen tilan aiemman käyttötarkoituksen vuoksi. Molemmissa lähestymistavoissa on omat puolensa. Ensimmäinen painottaa pitkälle hiottua suunnittelua ja sen tuomaa virheettömyyttä musiikissa, luoden samalla hyvin esteettisiä akustisia ratkaisuja. Toinen antaa tilojen historian tuoda musiikkiin oman persoonallisuutensa ja todella heijastaa ”underground” musiikin juuria. Kummassakin kohteessa on tarkoitus kuunnella ja soittaa pääasiassa elektronista musiikkia. Lopuksi jaan oman kokemuksen vastaavanlaisesta kohteesta.



Kuva 2: Blitz-yökerhon sisäänkäynti ulkoa katsottuna.

6.1 Blitz-yökerho, München, Saksa

Etsiessäni sopivia esimerkkikohteita, löysin saksalaisen Detail-lehden julkaiseman artikkelin Müncheniläisestä yökerhosta. Arkkitehtitoimisto Studio Knack und Simon Vorhammer muunsivat yhdessä huoneakustiikasta vastanneen ABP-toimiston Christian Beckerin kanssa entisistä Deutsches Museum Congress Halltiloista erittäin modernin, elektronisen musiikin tyyssijan. 1930-luvulla valmistunut rakennus ei ulkoa katsottuna anna mitään vihjeitä yökerhon olemassaolosta, ainoastaan jonottava yleisö paljastaa, että sisällä on jotain erityistä. Edes musiikki ei kuulu ulos. Tiloissa on yökerhon lisäksi kasvispohjaiseen ruokaan painottuva ravintola, myöskin nimeltään Blitz.



Yllä - Kuva 3: Blitz-yökerhon suurempi tanssilattia alkoveineen.

Oikealla yllä - Kuva 4: Yökerhon pienemmän tanssilattian seiniä päällystää sardiiniparvea muistuttava tarkkaan suunniteltu panelointi

Oikealla alla - Kuva 5: Lähikuva paneloinnista.

Yökerhon varaama pinta-ala on 600 neliömetriä ja se pitää sisällään viimeisintä teknologiaa hyödyntäviä akustisia ratkaisuja. Tilaa on muokattu lähinnä vain seinien ja lattian osalta. Lattia on vedenkestävää, suhteellisen pehmeää vapaasti lepäävää mustaa vaneria. Tilan pitkällä seinillä on pilarien väliin sijoittuvia istuma-alkoveja, jotka toimivat samalla akustisina elementteinä. Alkovin kallellaan oleva takaseinä toimii diffuusorina, sillä se on tehty kahdesta 10 cm paksusta pyökki viilupuusta, joihin on CNC-jyrsitty eri kokoisia ja syvyisiä neljäkkäitä. Lisäksi se tuottaa miellyttävän äänensävyn. Alkovie etureuna tulee pilarien kanssa samaan linjaan, jolloin alkovin taakse jää il-maväli. Väli on täytetty selluloosa eristeellä, jolloin se toimii matalien taajuuksien resonaattorina. Ratkaisut on suunniteltu nimenomaan elektronisen musiikin kuuntelun ja soittamisen ehdoilla, mutta tilassa voi myös soittaa perinteisempää live-musiikkia.

Blitz sisältää myös toisen pienemmän tanssilattian, jonka seinät on kauttaaltaan käsitelty akustiikkapaneelein. Rei'itetyt ja CNC-jyrsityt mustat MDF-kuitupaneelit on suunniteltu tarkan algoritmin avulla, jolloin seinissä ole-va kuvio ei toistu missään vaiheessa. Paneelit toimivat äänen vaimentimina koko taajuusasteikolla, sillä niiden rei'itys ja paksuus vaihtelee. Oletettavasti paneelin takana on isomman salin tapaan il-maväli. Paneelit ovat pitkän työkokemuksen tulos, sillä arkkitehdit ovat pitkään olleet mukana kehittämässä akustiikkapaneeleja toimistoihin, ravintoloihin ja elokuvateattereihin.

Upean akustisen käsittelyn kruunaa äänentoistojärjestelmä, jonka valmistajan (Void Germany) edustajat ovat olleet mukana jo suunnitteluvaiheessa. Kaiutinten pulverimaalaus on samaa sävyä, kuin ilmanvaihtojärjestelmän putkiston maalaus. (Pawlitschko, 2018)





6.2 Printworks London, Lontoo, Englanti

Printworks London on hyvä esimerkki siitä, ettei vanhalle, alun perin teollisuuskäyttöön tarkoitettulle, tilalle tarvitse tehdä akustisesta näkökulmasta mitään. Aikanaan Länsi-Euroopan suurimpana painotehtaana toiminut Lontoossa sijaitseva Printworks toimii nykyisin yhtenä tunnetuimpana elektronisen musiikin esityspaikkana. Nykyiseen tarkoitukseensa Printworks avasi ovensa vuonna 2017. Rakennuksen historiaa kunnioittaen tilat on pyritty pitämään mahdollisimman ennallaan, vanhoja koneita myöten. Printworks sulkee sisäänsä kuusi erilaista tapahtumatilaa, joita yhdistää käytävien ja huoneiden labyrintti, useassa kerroksessa. Musiikin soittotiloina toimivat vanhat painosalit, jotka on aikoinaan käsitelty akustisesti ja ilmeisesti jätetty ennalleen tilojen omalaatuisten ääniominaisuuksien takia. Printworks:llä on laillinen lisenssi ottaa sisään 6000 kuuntelijaa. (Broadwicklive, Venuelab, 2019)

Tilojen materiaalit ovat teolliseen tapaansa kylmiä ja kovia. Metalliputkistoja ja betonirakenteita on kaikkialla ja ne toimivat omalla tavallaan diffuusoreina, jotka luovat tiloihin suunnittelemattoman äänimaailman. Ehkä juuri tilojen raakuus vetää ihmisiä puoleensa, kuten vanhoissa, laittomissa ”reiveissä”, jotka järjestettiin lyhyellä varoitusajalla hylätyissä teollisuusvarastoissa. Nyt se on laillista.

Vasemmallä - Kuva 6: Printworks London:n eniten kuvattu esiintymistila. Tilan korkeus luo tilaan uskonnollisia vivahteita.

6.3 Übel & Gefährlich, Hampuri, Saksa

Tämän esimerkin kohdalla en puhu huoneakustiikasta, vaan tämänkaltaisten rakennusten kokemuksellisesta arvosta. Historiaa nähneissä rakennuksissa on aina jotain kiehtovaa. Ajan patinan näkee niiden julkisivuissa ja sisätilojen järjestyssä. Tämä kohde on erityislaatuinen uuden ja vanhan käyttötarkoituksen eron kannalta, sillä nykyinen hauskanpitopaikka oli toisen maailmansodan aikaan Nazi-Saksan ilmatorjuntalinnake, Flakturm IV. Linnakkeen sisällä toimiva yökerho on osuvasti nimetty ”Übel & Gefährlich”, vapaasti suomennettuna ”Paha ja Vaarallinen”.

Hampurin kaupungissa puiden keskellä kohosi korkea toisen maailmansodan aikainen ilmatorjuntalinnake, ei siis varsinaisessa merkityksessään teollisuusrakennus. Ulospäin se näytti hylätyltä, lukuun ottamatta sisäänkäynnin edustalla seisovaa järjestyksenvalvojaa ja mainoslakanoita sisäänkäynnin yläpuolella. Jonoakaan ei näkynyt. Kun pääsimme sisään, edessä oli käytävä, joka johti teolliselta näyttävään hissiin. Merkkiäkään mahdollisesta yökerhosta ei näkynyt tai kuulunut. Seinätkin olivat graffitien peitossa. Hissin noustessa pari kerrosta, myös bassojen äänet voimistuivat pikkuhiljaa, kunnes hissi pysähtyi ja ovet aukesivat. Musiikin täysi voima tulvi hissiin. Se oli työpaikkani ekskursion mieleenpainuvin ja hienoin kokemus, vaikka matkalla oli paljon hienoja arkkitehtuuri kohteita ja kauniita paikkoja. Linnakkeen mutkittelevat käytävät tarjosivat luontaisia juttelupaikkoja. Kaikki oli hyvin karkeaa ja riisuttua, lukuun ottamatta valotehosteita ja äänentoistojärjestelmää.

Ehkä nykyisessä länsimaisessa kulttuurissa ihminen tarvitsee annoksen karua historiaa, kiedottuna hauskanpidon luomaan positiiviseen tunnelmaan. Oli miten tahansa, linnakkeen sisällä suuri määrä ihmisiä näytti nauttivan olostaan karusta miljööstä huolimatta. Tällaisia kokemuksia Suomikin mielestäni kaipaa.

Oikealla - Kuva 7: Hampurissa sijaitsevan, vanhan linnakkeen sisällä piilevän yökerhon edusta.



7. Mitä opimme?

Elinympäristöjemme ääniominaisuudet ovat hyvinvointimme kannalta tärkeitä. Jotta tulevaisuudessa huoneakustiikasta tulee panostusta vaativa osa suunnittelutyötä, tulee arkkitehtien ymmärtää sen vaikutukset ihmiseen. Huono ääniympäristö voi vaikuttaa työtehokkuuteen, levon laatuun ja ihmisen stressitasoihin. Tästä syystä on välillä hyvä ottaa selvää, millaisia ratkaisuja akustiikan pioneereilla on antaa meille arkkitehdeille. Työmmehän on luoda terveellisiä ympäristöjä, jotka ovat esteettisesti miellyttäviä ja tarkoituksenmukaisia.

Tietokoneavusteisen suunnittelun kautta huoneakustiset ratkaisut saadaan integroitua muuhun arkkitehtuuriin entistä paremmin ja niistä voidaan luoda jopa tilan kohokohta. Jotta tilaan saadaan esteettiset ja toimivat ratkaisut, on arkkitehdinkin hyvä tietää, miten tilan ääntä muokataan. Vaimennuksella lyhennetään korkeiden ja keskikorkeiden taajuuksien jälkikaiunta-aikaa, diffuusoreilla jaetaan ääntä tasaisemmin tilaa ja resonanssivaimennuksella voidaan luoda näyttäviä matalien taajuuksien jälkikaiunta-aikaa lyhentäviä kokonaisuuksia. Kun arkkitehti ja akustiikkaan erikoistunut suunnittelija ymmärtävät toisiaan, voidaan luoda molempien tarpeita palvelevia uusia tuotteita.

Musiikin esittämiseen tarkoitettun tilan oikeanlaiset akustiset ominaisuudet ovat erittäin tärkeitä, mutta niistä ei ole mitään hyötyä, jos tilan äänentoistojärjestelmä ei ole riittävän laadukas ja tehokas. Näiden kahden summana saadaan erinomainen tila musiikin soittamiseen ja kuunteluun. Elektroninen musiikki on tarkoitus myös tuntea fyysisesti. Jos olet kuuntelemassa elektronista musiikkia yökerhossa tai festivaaleilla, vaatteiden pitää väristä ja matalien taajuuksien tuntua rinnassa. Vastaavilla äänentoistojärjestelmillä on kuitenkin hintansa, esimerkiksi Printworksin äänentoisto, valotekniikka ja muut tekniset järjestelyt maksoivat miljoonia (Townsend, 2018).

Vanhoilla teollisuushalleilla ja varastoilla on ikuisesti uniikki yhteys elektroniseen musiikkiin. 80-luvun lopulta tähän päivään saakka elektronisen musiikin ystävät ovat tanssineet ”reiveissä”, laittomissa musiikkitapahtumissa, jotka järjestettiin hylättyjen teollisuusrakennusten suojiin lyhyellä varoitusajalla. Tapahtumien sijainti tulee nykyisin yleisön tietoon vasta tunteja ennen tapahtuman alkamista, jotta poliisit eivät ehtisi estää järjestäjiä. Valitettavasti ja osin perustellusti kyseisiin tapahtumiin liitetään huumeiden käyttö, jonka takia poliisi on niin kiinnostunut tapahtumista. Siksi rave-kulttuurin ja laillisen yritystoiminnan tiet pitäisi saada kohtaamaan jossain vanhan teollisuusrakennuksen uumenissa pääkaupunkiseudulla. Tällöin minun kaltaiseni tavanomaista yökerhomusiikkia karttavat elektronisen musiikin ystävät saisivat viikonlopuille yöllistä liikuntaa. Hyvän akustisen ja huoneakustisen suunnittelun avulla musiikki ei kuuluisi rakennuksen ulkopuolelle ja häiritsisi festivaalien tapaan nukkuvaa osaa Helsingistä. Olemassa oleva esimerkkikohde tästä on Blitz. Tiedän lähes vastaavanlaisia paikkoja Helsingistä kaksi, Kaiku ja Ääniwalli. Ongelma on, ettei niiden sisään mahdu kuin pari sataa ihmistä. Olen kuitenkin käynyt Saksassa sellaisessa paikassa, enkä unohda kokemusta hetkeen.

Suomesta puuttuu live-esiintymispaikka, joka on suunniteltu pelkästään musiikkikäyttöön ja johon mahtuisi yli tuhat ihmistä. Jäähallien monitoimisuutta on hyödynnetty pitkään, mutta ne ovat liian isoja nouseville artisteille. Isoja artisteja saadaan Suomeen festivaalien avulla, mutta keskisuuret artistit pyörivät jatkuvasti naapurimaissamme, koska pääkaupunkiseudulla ei ole sopivan kokoista esiintymispaikkaa. Toivottavasti saamme tulevaisuudessa Helsinkiin oman Printworksin. Hanasaaressa, eräässä voimalaitoksessa olisi mahdollisuus siihen.

Lähdeluettelo

Beranek, L. (2002). *Concert Halls and Opera Houses: Music, Acoustics and Architecture*. New York: Springer Verlag.

Broadwicklive, Venuelab. Printworks London.
Noudettu osoitteesta keväällä 2019 <https://www.printworkslondon.co.uk/>

DPA Microphones.
Noudettu osoitteesta keväällä 2019 <https://www.dpamicrophones.com/mic-university/directional-vs-omnidirectional-microphones>

G. André & co. (1857). *History and description of the Opera House, or American academy of music, in Philadelphia*. Philadelphia: G. André & co
Noudettu osoitteesta keväällä 2019 <https://archive.org/stream/historydescripti00phil#page/15/mode/1up>

Townsend, M. (2018, syyskuu). *Printworks: From evening standard printing press to world famous nightspot*. Independent.
Noudettu osoitteesta keväällä 2019 <https://www.independent.co.uk/life-style/design/printworks-nightclub-evening-standard-printing-press-london-a8506851.html>

The International Organization for Standardization. (2003).
ISO 354.

Keränen, J. Airo, E. Olkinuora, P. & Hongisto, V. (2003). *Validity of ray-tracing method for the application of noise control in workplaces*. Acta Acustica united with Acustica volume 89. Acta Acustica united with Acustica, sivut 863-874

Keränen, J. & Hongisto, V. (2010). *Comparison of simple room acoustic models used for industrial spaces*. Acta Acustica united with Acustica volume 96. Acta Acustica united with Acustica, sivut 179-194

Pawlitschko, R. (2018, Huhtikuu). *Soundproof surfaces: Blitz Electronic Music Club in Munich*. Detail inside 1/2018, s. 4-7.
Noudettu osoitteesta keväällä 2019 <https://www.detail-online.com/article/soundproof-surfaces-blitz-electronic-music-club-in-munich-31904/>

Rakennustietosäätiö. (lokakuu 2006)
RT 07-10881 ohjetiedosto, Huoneakustiikka. Suomi

Savioja, L. & Svensson, P. (2015). *Overview of geometrical room acoustic modeling techniques*. Journal of the Acoustical Society of America, 138(2), s. 708-730.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2007).
RIL 243-1-2007, Rakennusten akustinen suunnittelu - Akustiikan perusteet

Tervo, S., Saarelma, J., Pätynen, J., Huhtakallio, I. & Laukkanen, P. (2015). *Spatial Analysis of the Acoustics of Rock Clubs and Nightclubs*. Espoo: Institute of Acoustics, Aalto University.

Tontechnik-Rechner - sengpielaudio.
Noudettu osoitteesta keväällä 2019 <http://www.sengpielaudio.com/TableOfSoundPressureLevels.htm>

Taulukko 1:
Kuvakaappaus Matias Remeksen pitämästä luennosta Acoustical Design, kurssilla Building Physics Design 2, 2015

Taulukko 2:
Keränen, J. Airo, E. Olkinuora, P. & Hongisto, V. (2003). *Validity of ray-tracing method for the application of noise control in workplaces*. Acta Acustica united with Acustica volume 89. Acta Acustica united with Acustica, sivu 865

Taulukko3:
Keränen, J. Airo, E. Olkinuora, P. & Hongisto, V. (2003). *Validity of ray-tracing method for the application of noise control in workplaces*. Acta Acustica united with Acustica volume 89. Acta Acustica united with Acustica, sivu 869

Kuvaluettelo

KUVA 1: BRISTOLISSA SIJAITSEVA ENTINEN TEOLLISUUSVARASTO TÄYNNÄ TANSSIVAA KANSAA. AALTOPELTIKATTO TOIMII ERÄÄNLAISENA HAJOTTAVANA ELEMENTTINÄ TILASSA. sivu 13
https://content.ticketarena.co.uk/remote.axd/www.ticketarena.co.uk/cms_media/images/events/64257ad10aba798f3404092c-70ca575e.1478013131.jpg?width=1440&height=600&quality=80&mode=crop

KUVA 2: BLITZ-YÖKERHON SISÄÄNKÄYNTI ULKOA KATSOTTUNA. sivu 21
<https://www.electronicbeats.net/app/uploads/2017/03/Blitz-780.png>
(muokattu muuntamalla kuva mustavalkoiseksi)

KUVA 3: BLITZ-YÖKERHON SUUREMPI TANSSILATTIA ALKOVEINEEN. sivu 22
<https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/Blitz-Club-Simon-Vorhammer-2a.jpg>
(muokattu muuntamalla kuva mustavalkoiseksi)

KUVA 4: YÖKERHON PIENEMMÄN TANSSILATTIAN SEINIÄ PÄÄLLYSTÄÄ SARDIINIPARVEA MUISTUTTAVA TARKKAAN SUUNNITELTU PANELOINTI. sivu 23
<https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/Blitz-Club-Simon-Vorhammer-11.jpg>
(muokattu muuntamalla kuva mustavalkoiseksi ja rajaamalla)

KUVA 5: LÄHIKUVA PANELOINNISTA. sivu 23
<https://www.detail-online.com/fileadmin/uploads/01-Themen/Blitz-Club-Simon-Vorhammer-12.jpg>
(muokattu muuntamalla kuva mustavalkoiseksi)

KUVA 6: PRINTWORKS LONDON:N ENITEN KUVATTU ESIINTYMISTILA. TILAN KORKEUS LUO TILAAN USKONNOLLISIA VIVAhteita. sivu 24
<https://static.standard.co.uk/s3fs-public/thumbnails/image/2018/09/26/18/printworks-2609a.jpeg>
(muokattu muuntamalla kuva mustavalkoiseksi)

KUVA 7: HAMPURISSA SIJAITSEVAN, VANHAN LINNAKKEEN SISÄLLÄ PIILEVÄN YÖKERHON EDUSTA. sivu 26
Itse ottama kuva

